This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

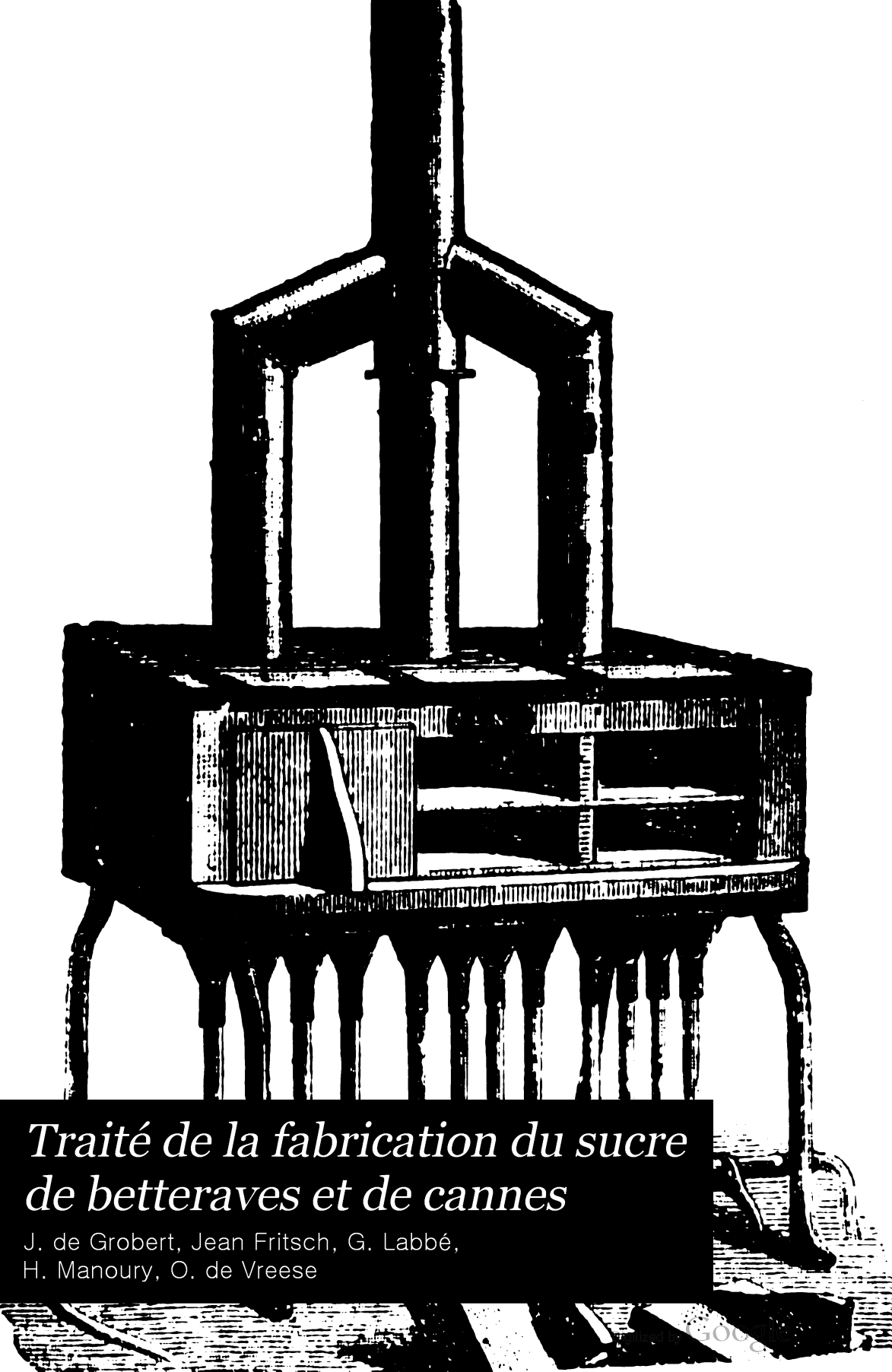
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



Traité de la fabrication du sucre de betteraves et de cannes

J. de Grobert, Jean Fritsch, G. Labbé,
H. Manoury, O. de Vreese

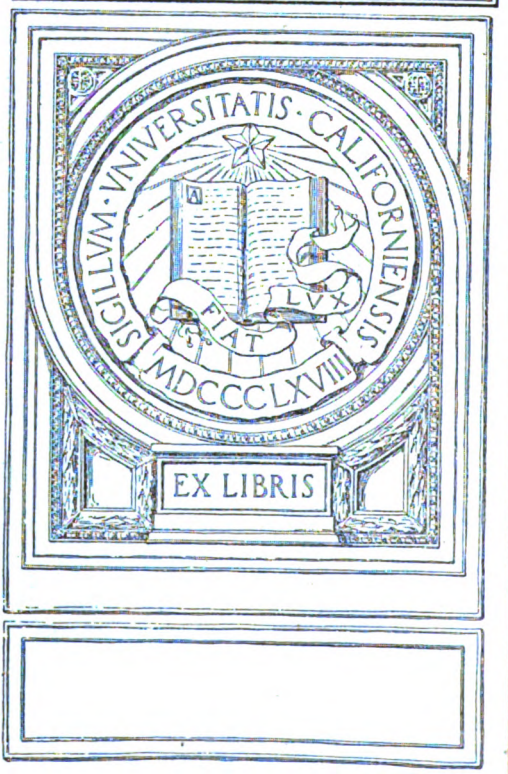
Digitized by Google

GIFT OF
Dan Gutleben

Digitized by Google

Digitized by Google

GIFT OF
Dan Gutleben



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

TRAITÉ

DE LA

FABRICATION DU SUCRE

DE

BETTERAVES ET DE CANNES

PAR MM.

J. de GROBERT
Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur-Conseil de Sucrerie

G. LABBÉ
Ingénieur-Chimiste de Sucrerie

H. MANOURY
Ingénieur de Sucrerie
Président de l'Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie

O. de VREESE
Ingénieur-Chimiste de Sucrerie

Ouvrage publié par les soins de J. FRITSCH, chimiste

TOME SECOND

avec 165 figures et planches (239 à 403)

PARIS
SELF-ÉDITION TECHNIQUE
J. FRITSCH, Editeur
16, RUE DU DRAGON, 16

1913

Digitized by Google

Droits de traduction et de reproduction réservés pour tous pays.

Copyright by J. Fritsch, December 1912.

Digitized by Google

TP377
F7
v.2

FABRICATION DU SUCRE

CHAPITRE XVI

—

LA MELASSE — MÉLASSE DE BETTERAVES MÉLASSE DE CANNES — EXTRACTION DU SUCRE DES MÉLASSES

Définition de la mélasse.

Lorsque le sirop restant après l'extraction du sucre d'une masse cuite est incapable de cristalliser après concentration et refroidissement, on lui donne le nom de *mélasse*: c'est le sirop résiduaire de la fabrication du sucre.

Toutefois, pour que ce sirop résiduaire mérite le nom de *mélasse épuisée*, il ne suffit pas qu'il refuse de cristalliser par concentration et refroidissement convenables, car il peut arriver qu'une certaine quantité de sucre disponible soit empêchée de cristalliser par la viscosité du milieu due à une très forte sursaturation. Pour être assuré que le sirop considéré est réellement épuisé, on devra le concentrer jusqu'à 12 % d'eau environ, ajouter une amorce (20 % environ du sucre contenu dans le sirop) et maintenir la masse à une température voisine de 40° C., en l'agitant de temps en temps. Si, après un temps de quatre à cinq semaines la polarisation du sirop a diminué, on pourra déterminer par le calcul la quantité du sucre qui se sera déposée. Si la polarisation n'a pas varié, c'est que le sirop était réellement épuisé. Ce dernier cas est assez rare.

L'épreuve à l'amorce n'a pas seulement un intérêt théorique, elle permet aussi d'apprécier le résultat du mode de travail suivi pour la

M731368

Digitized by Google

cristallisation de la masse et de se rendre compte des modifications à y apporter.

Le quotient de pureté de la mélasse épuisée est généralement compris entre 59 et 60 (pureté réelle) ; cependant on ne peut pas établir une relation fixe entre la pureté et l'épuisement, parce que ce dernier dépend non seulement de la quantité de non-sucre, mais aussi de sa composition.

I. — MÉLASSE DE BETTERAVES

Composition de la mélasse de betteraves. — A côté du sucre qui forme à peu près 60 % de la matière sèche, la mélasse contient les impuretés du jus brut qui n'ont pu être éliminées par le travail d'épuration ; on y retrouve aussi les produits formés par la décomposition de certains éléments du non-sucre primitif en présence des réactifs employés à l'épuration ; enfin la mélasse renferme les corps résultant de l'altération du sucre par la chaleur. Sa composition doit donc être très complexe et varier quantitativement suivant l'état des betteraves mises en œuvre et les conditions du travail dans les diverses phases de la fabrication.

Nous donnons dans le tableau suivant l'énumération des corps qui composent le non-sucre des mélasses et dont l'ensemble représente environ 40 % de la matière sèche qu'elles renferment.

La recherche d'un certain nombre des corps organiques qui figurent dans ce tableau n'a pu être faite qu'en partant des lessives résiduaires obtenues par les divers procédés d'extraction du sucre des mélasses et dans lesquelles on retrouve le non-sucre à l'état concentré.

Dans les analyses courantes on se contente de doser la saccharose, le sucre inverti, les cendres, l'eau et, par différence, les matières organiques ; on en déduit le rapport du sucre à la matière sèche (quotient de pureté), aux cendres (quotient salin) et au non-sucre (coefficient mélassigène) ; on établit aussi le rapport $\frac{\text{Matières organiques}}{\text{Cendres}}$.

On peut, à l'aide de ces données, comparer les épuisements des mélasses obtenues par diverses usines d'une même région, travaillant par les mêmes procédés, car ils dépendent avant tout de la composition des betteraves ; mais on ne saurait étendre la comparaison aux mélasses provenant des régions très différentes sous le rap-

Digitized by Google

port du climat et des terrains. Les analyses se rapportent à des mélasses épuisées de diverses fabriques françaises et étrangères.

Matières étrangères au sucre contenues dans les mélasses de betteraves

Matières minérales	Matières organiques		
	Hydrates de carbone	Acides	Corps azotés
Nitrate, Sulfate, Sulfite, Carbonate de potasse et de soude	Sucre inverti.	Ac. métapectique.	Bétaïne.
Chlorure de potassium.	Raffinose.	» alpartique.	Phytostérine.
Phosphore à l'état de phosphate et à l'état de combinaison avec certains corps azotés.	Saccharine (de Péligot.)	» glutamiqu.	Cholestérine.
Magnésie, Chaux combinées à des acides minéraux ou organiques.	*Pentosanes* (arabane, galactane).	» succinique.	Choline.
Potasse et soude combinées à des acides organiques.	*Caramel* et ses dérivés (Caramélane, caramélène, caraméline, acide glucique et produits humiques)	» malique.	Léoïthine.
Silice.	Asamare.	» oxalique.	Corps xanthiq. (arginine).
Alumine, oxyde de fer.		» formique.	Tyrosine.
Manganèse, Cœsium, Rubidium traces.	Coniféine.	» acétique.	Leucine.
	Vanilline.	» butyrique.	Glycocolle.
	Pyrocatéchine.	» valérianique.	
	Glycérine.	» adipique.	
		» glycolique.	
		» glyoxalique.	
		» tricarballylique.	
		» oléique.	

Analyses de mélasses épuisées de diverses provenances

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Sucre	48,80	46,60	52,30	44,20	44,01	44,80
Eau	21,30	23,90	13,80	26,80	27,00	24,84
Cendres	12,78	10,65	13,20	11,03	10,62	11,50
Matières organiques	17,37	18,85	20,50	17,79	18,37	18,66
Sucre inverti	0,15	»	0,10	0,18	»	0,20
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Pureté réelle	61,5	61,2	60,7	60,4	60,3	59,6
Quotient Salin	3,84	4,37	3,95	4,00	4,14	3,89
$\frac{\text{Matières organiques}}{\text{Cendres}}$	1,36	1,77	1,55	1,61	1,53	1,62
$\frac{\text{Sucre}}{\text{Non-sucre}}$ (Coefficient mélassigène)	1,597	1,579	1,547	1,524	1,517	1,475

Ces analyses montrent que, pour des mélasses provenant de betteraves qui diffèrent notablement par la composition du non-sucre,

Digitized by Google

l'épuisement correspond à des puretés différentes, comprises entre 59,6 et 61,5 ; sans attribuer à ces chiffres une valeur absolue, on peut les considérer comme des limites extrêmes. Pour la majeure partie des régions sucrières d'Europe, qui sont situées au delà de 44° de latitude nord, les betteraves ne présentent pas de grandes différences de composition et la pureté des mélasses épuisées varie généralement entre 59 et 60.

Elle peut cependant sortir de ces limites lorsque la végétation des betteraves s'est effectuée dans des conditions anormales, ainsi que le cas s'est présenté pendant l'année de grande sécheresse 1911 ; il y a alors dans les jus un excès d'azote amidé qui passe dans la mélasse et en abaisse la pureté.

Le quotient salin ne donne aucunement la mesure de l'épuisement quand on compare des mélasses de natures différentes, de même du rapport des matières organiques aux cendres. Ces deux chiffres ne peuvent fournir des renseignements utiles que pour comparer les résultats obtenus dans le travail des betteraves d'une usine ou d'une même région.

Le coefficient mélassigène du non-sucre suit les variations du quotient de pureté ; dans les analyses que nous citons il a comme valeurs extrêmes 1,475 et 1,597 et oscille généralement entre 1,50 et 1,54. Il est intéressant de constater que le coefficient mélassigène n'a pas varié malgré les progrès réalisés dans la culture de la betterave et dans les procédés de fabrication du sucre. La betterave étant devenue plus riche et plus pure on obtient moins de mélasse par 100 kg. de sucre fabriqué, mais dans la mélasse d'aujourd'hui une partie de non-sucre immobilise toujours la même quantité de sucre qu'il ya trente ans. On aurait pu espérer que l'acide sulfureux, qui donne certainement aux sirops et aux masses cuites une plus grande fluidité, diminuerait le pouvoir mélassigène du non-sucre en réduisant la viscosité, mais les faits n'ont pas confirmé cette prévision. On peut expliquer ce résultat en admettant que l'action de l'acide sulfureux sur le non-sucre n'est pas permanente et qu'elle ne se maintient que grâce à la présence dans les sirops d'une certaine quantité de sulfites alcalins ; or, ceux-ci se transforment plus ou moins rapidement en sulfates et il n'en reste pas assez dans les derniers produits pour agir sur le non-sucre qu'ils renferment. A l'appui de cette hypothèse nous citerons l'expérience suivante.

Digitized by Google

Dans une sucrerie où l'on sulfitait les sirops, la mélasse (égout de 2e jet résultant du travail par cristallisation en mouvement) avait une pureté réelle de 60,0. En soumettant les égouts de 1er jet à une sulfitation énergique, on a pu abaisser la pureté de la mélasse à 56,0, le coefficient mélassigène du non-sucre était descendu de 1,51 à 1,30; l'acide sulfureux avait donc bien rempli le rôle prévu ainsi qu'en témoignait d'ailleurs la fluidité remarquable de la mélasse. Mais au point de vue pratique, les avantages que l'on obtiendrait par une semblable méthode se trouvent annihilés par un grave inconvénient: les sels cristallisent en même temps que le sucre et dans l'expérience que nous citons le sucre obtenu contenait près de 4 % de cendres, son titrage était de 67,0. En outre, il s'était formé une quantité notable de sucre inverti (0,40 %).

Causes de l'immobilisation du sucre dans la mélasse. — De nombreuses recherches ont été faites pour déterminer les causes qui s'opposent à la cristallisation du sucre contenu dans la mélasse et plusieurs théories ont été émises pour expliquer son immobilisation.

Pendant longtemps on considéra comme cause unique de la formation de la mélasse l'action physique de certains sels minéraux et organiques qui, en augmentant la viscosité du milieu, empêchaient les molécules sucrées de se grouper à l'état de cristaux. D'autres sels avaient au contraire, d'après certains chimistes, la propriété de favoriser la cristallisation. On divisait donc les corps composant le non-sucre en deux classes : les mélassigènes *positifs* et les mélassigènes *négatifs*; entre ces deux classes se plaçait, d'après quelques expérimentateurs, celle des mélassigènes *indifférents*.

Michaëlis ne reconnaissait comme mélassigènes positifs que les sels organiques des alcalis.

Feltz trouva que le chlorure de sodium, le nitrate de potasse et le chlorure de calcium, ensemble ou séparément, à la dose de 10 %, ne gênent nullement la cristallisation du sucre.

Champion et Pellet déterminèrent les coefficients mélassigènes des sels minéraux et du non-sucre organique des mélasses.

Lagrange rechercha le pouvoir mélassigène d'un certain nombre de sels minéraux ; voici quelques-uns des coefficients mélassigènes qu'il indique comme résultant de ses expériences :

Digitized by Google

Chlorure de sodium	0,0
» calcium	0,5
» potassium	3,0
Carbonate de soude	3,5
» potasse	3,5
Nitrate de potasse	5,5
» soude	6,5

A la suite de nombreux essais, Marschall conclut qu'au point de vue de leur influence sur la cristallisation du sucre, les matières qui forment le non-sucre de la mélasse doivent être divisées en 3 catégories :

1° Les mélassigènes positifs, mais dont l'action est variable ; ce sont principalement la potasse et la soude libres, le chlorure de potassium, le carbonate de potasse, le nitrate de potasse, les sels organiques de potasse.

2° Les corps indifférents, tels que le chlorure de sodium, le carbonate de soude, la chaux à l'état d'hydrate, l'aspartate et l'oxalate de soude.

3° Les mélassigènes négatifs, ayant comme effet de déplacer le sucre en solution ; les principaux sont : les chlorures de calcium et de magnésium, les sulfates de chaux et de magnésie, les nitrates de chaux et de magnésie, les sels de soude et de magnésie formés par les acides acétique, butyrique, valérianique, citrique et tartrique ; la bétaïne. — Ainsi, 1 partie de chlorure de calcium déplacerait 7,5 parties de sucre, 1 partie de sulfate de magnésie en déplacerait 10 et 1 partie de chlorure de magnésium, 17.

Plus tard, Nugues a fait des essais sur le même sujet. En opérant sur des égouts de 1er et de 2e jet, il classe de la manière suivante les sels sur lesquels ont porté ses expériences :

Sels anti-mélassigènes (par ordre décroissant)

Chlorure de sodium.	Lactate de soude.
Acétate de chaux.	Glucate de potasse.
Glucate de chaux.	Chlorure de sodium.
Lactate de chaux.	Lactate de potasse.
Nitrate de chaux.	Nitrate de soude.
Acétate de soude.	Sulfate de potasse.
Glucate de soude.	Acétate de potasse.
Sulfate de soude.	Chlorure de potassium.

Sels mélassigènes (par ordre croissant)

Carbonate de soude.	Hydrate de potasse.
Carbonate de potasse.	Hydrate de soude.

Digitized by Google

Pour les mêmes sels, il y a désaccord entre ces résultats et ceux de Marschall et de Lagrange : cette discordance s'explique d'ailleurs, pour les sels minéraux, quand on fait agir des proportions différentes d'un même sel sur des solutions sucrées de même concentration. C'est ce qui ressort de l'expérience suivante faite par Anthon. En ajoutant à une solution sucrée concentrée et froide une petite quantité de chlorure de calcium, il y a précipitation de sucre ; mais si on met beaucoup de ce sel, même en chauffant, il cristallise et se redissout quand on ajoute du sucre.

Quant aux sels organiques à base alcaline, en leur attribuant un pouvoir anti-mélassigène, Nugues se trouve en contradiction non seulement avec les résultats de Marschall, mais encore avec ceux de Gunning.

En 1877 le Dr Gunning essaya d'établir une théorie chimique expliquant l'immobilisation du sucre dans la mélasse par la formation de certaines combinaisons entre le sucre et les sels organiques alcalins. On savait déjà par les travaux de Péligot, de Violette, de Maumené, de Dubrunfaut, que le sucre pouvait former avec le chlorure de sodium des sels bien définis et cristallisés. Dubrunfaut avait reconnu en outre qu'il existe des combinaisons de la saccharose avec le chlorure de potassium et avec le nitrate de potasse. Gunning montra que le sucre cristallisé se dissout facilement dans l'alcool à haut degré en présence de certains sels organiques alcalins en formant des combinaisons sirupeuses, incristallisables ; il établit que ces combinaisons sont constituées par du sucrate de potasse et par du sucre uni aux sels alcalins d'un grand nombre d'acides organiques tels que les acides formique, acétique, butyrique, malique, succinique, aspartique, glutamique, etc... que l'on rencontre dans la mélasse. Ces diverses combinaisons ne permettent pas d'expliquer complètement la formation de la mélasse, car, d'après les expériences de Gunning, elles ne correspondent pas à la totalité du sucre immobilisé, mais elles ont une part importante dans cette immobilisation.

D'après ce qui précède, nous voyons que la formation de la mélasse dépend de deux facteurs : une action physique du non-sucre qui a pour effet d'augmenter la viscosité, et une action chimique exercée par les alcalis et les sels organiques alcalins sur le sucre. Mais la viscosité de la mélasse ne provient pas seulement de la présence de certaines matières étrangères, elle est due aussi à la sursa-

Digitized by Google

turation. Nous verrons par la suite que la sursaturation de la mélasse n'est pas un phénomène du même ordre que celui de la sursaturation des solutions salines, mais faute d'un terme approprié nous lui conserverons la même désignation.

Le sucre forme facilement des solutions sursaturées. Sostmann a constaté que quand on ajoute de l'alcool à un sirop de sucre, la liqueur qui surnage le précipité est sursaturée. D'autre part, Flourens a remarqué que lorsqu'on évapore une solution sucrée, le poids du sucre qui cristallise ne correspond pas toujours à celui de l'eau évaporée. Wulff, dont on connaît les importants travaux sur la cristallisation du sucre, a émis l'opinion que le sucre en solution se trouve à l'état amorphe et les raisons qu'il invoque à l'appui de son hypothèse semblent bien la justifier et expliquer en même temps la sursaturation. Parmi ces raisons il faut citer surtout le fait suivant. Si on refroidit rapidement ou très bas une solution sucrée concentrée, elle ne cristallise pas : on provoque sa cristallisation en la réchauffant légèrement à plusieurs reprises. Le retard qu'on observe ainsi dans la cristallisation au voisinage du point de saturation s'explique par le travail moléculaire qu'exige le passage de la forme amorphe à la forme cristalline. Wulff a remarqué aussi que ce passage est retardé par la présence de petites quantités de matières étrangères.

Anthon a voulu représenter la formation de la mélasse comme un phénomène d'ordre purement physique dû à la sursaturation et comme démonstration il a fait l'expérience suivante. Dans une éprouvette à pied on verse de la mélasse et on ajoute ensuite avec précaution une clairce de sucre pur, saturée ; une partie du non-sucre de la mélasse a diffusé dans la clairce qui s'est colorée, tandis que des cristaux de sucre se sont formés au sein de la couche de mélasse. Anthon concluait de cette expérience que la mélasse est une solution sucrée sursaturée et que pour obtenir la cristallisation du sucre qu'elle renferme il suffit de diminuer la sursaturation. Cette interprétation n'est pas exacte, car elle ne tient pas compte du changement produit dans la composition de la mélasse par le départ d'une certaine quantité de non-sucre et par l'introduction d'une autre quantité de sucre. Lippmann [1] a expliqué cette expérience de la manière suivante qui est entièrement d'accord avec les résultats observés. La présence du non-sucre aug-

[1] V. Lippmann, *Chemie der Zuckerarten.*

Digitized by Google

mentant la solubilité du sucre dans la mélasse, le départ d'une partie de ce non-sucre diminue cette solubilité et permet la cristallisation d'une certaine quantité de sucre.

Contrairement à tous les chimistes que nous avons cités jusqu'ici, Dubrunfaut envisagea la formation de la mélasse comme étant due simultanément à des causes d'ordre physique et d'ordre chimique. Il attribua la sursaturation de la mélasse à l'action réciproque du sucre et du non-sucre qui augmente la solubilité de l'un et de l'autre ; il justifia cette opinion en montrant que beaucoup de solutions salines dissolvent une quantité de sucre supérieure à celle qui correspondrait à l'eau qu'elles contiennent et que d'autre part la solubilité de certains sels est plus grande dans les solutions sucrées que dans l'eau pure. Mais au lieu d'établir sa théorie mélassigène sur ces bases générales, dominé sans doute par l'influence prépondérante qu'il attribuait aux sels minéraux dans l'osmose, Dubrunfaut chercha à démontrer que ces sels jouaient aussi le rôle principal dans la formation de la mélasse. Les hypothèses qu'il fut obligé d'émettre pour soutenir sa théorie ne résistèrent pas au contrôle de l'expérience et par suite les idées, même justes, qu'il avait émises se trouvèrent discréditées.

En dernier lieu, les expériences d'Herzfeld exécutées avec méthode et précision, ont permis d'expliquer les résultats contradictoires trouvés par les expérimentateurs précédents et d'établir des vues générales sur l'action des divers composants du non-sucre de la mélasse.

Herzfeld s'est proposé de rechercher l'influence exercée sur la solubilité du sucre par les diverses substances qu'on rencontre dans la mélasse, quand on fait varier le rapport du poids de ces substances, isolées ou par groupes, par rapport au sucre, et cela pour une même concentration de la solution sucrée, et pour différentes concentrations. Nous ne reproduirons pas la liste, assez longue, de tous les corps employés par Herzfeld dans ses expériences : ce sont tous les sels minéraux et organiques qu'on trouve dans la mélasse, et en outre, la gomme arabique, la pectine, l'albumine, puis les matières composant le non-sucre des vinasses, et enfin des mélanges de divers sels organiques de potasse et de chaux. Dans chaque essai, la substance dont on voulait étudier l'influence était ajoutée à la solution sucrée et le mélange maintenu à la température de 30° C. pendant toute la durée de l'expérience.

Digitized by Google

Les résultats des expériences d'Herzfeld peuvent se résumer ainsi :

Chacun des éléments qui constituent le non-sucre de la mélasse ajouté en petite quantité à une solution sucrée, diminue la solubilité du sucre ; il l'augmente au contraire quand il est ajouté en grande quantité. Ainsi qu'on pouvait le prévoir, les corps qui ont une grande affinité pour l'eau, comme par exemple le chlorure de calcium, sont ceux qui diminuent le plus la solubilité du sucre, tandis que les sels organiques très solubles, comme l'acétate de potasse, exercent une influence diamétralement opposée.

Quand on fait agir un mélange de sels, chacun d'eux agit sensiblement comme s'il était seul en quantité équivalente au poids total du mélange. Ceci explique qu'il suffit d'une petite quantité d'un sel très soluble pour augmenter beaucoup la solubilité du sucre (Lippmann).

L'influence des sels minéraux ou organiques, sur la solubilité du sucre est d'autant plus marquée que la solution sucrée est plus concentrée.

En présence de ces constatations il est impossible de maintenir les classifications établies par Marschall et par d'autres chimistes d'après lesquelles les corps se diviseraient en mélassigènes et anti-mélassigènes ou mélassigènes négatifs. On doit au contraire admettre, ainsi que Lippmann l'avait indiqué dès 1882, que *tous* les éléments du non-sucre ont une action, variable de l'un à l'autre, sur la formation de la mélasse.

Conclusions. — L'exposé qui précède et qui résume l'état actuel de nos connaissances sur la formation de la mélasse de betteraves, nous amène aux conclusions générales suivantes.

1° L'immobilisation du sucre dans la mélasse est due principalement à une action physique des matières qui constituent le non-sucre ; *toutes* ces matières contribuent à maintenir le sucre en solution, même celles qui ayant pour l'eau une grande affinité diminuent la solubilité du sucre parce que ces matières élèvent, comme les autres, le point d'ébullition et ne permettent pas de pousser la concentration jusqu'au degré convenable pour la cristallisation complète du sucre.

2° En dehors de cette action physique des matières étrangères en général, certaines d'entre elles, et notamment les sels organiques de potasse, forment avec le sucre des combinaisons sirupeuses incristallisables. D'après Gunning qui a découvert ces combinaisons, elles sont en partie décomposables par la dialyse et insolubles dans l'alcool à 85 %.

Digitized by Google

3° La viscosité de la mélasse contribue certainement pour une part importante à l'immobilisation du sucre dans la mélasse. Elle est due principalement :

a) Aux sels organiques de potasse et de chaux, parmi lesquels il faut citer en première ligne les métapectates, puis les glucates, les aspartates, les glutamates et tous les sels dont les acides figurent au tableau de la page 3. Les combinaisons sirupeuses de ces sels avec le sucre (voir 2°) ont une viscosité bien caractérisée ; quant à ceux qui existent à l'état libre leur viscosité est plus grande quand ils sont à l'état de sels basiques (cas général) que sous la forme des sels neutres.

La formation de ces derniers par une sulfitation même légère, des jus ou des sirops, est une des causes de la diminution de la viscosité des produits traités par l'acide sulfureux.

b) Aux pentosanes (arabane, galactane), au caramel et à ses dérivés (caramelane, caramélène, caraméline). L'arabane et la galactane ne se trouvent qu'en très faibles quantités dans les mélasses normales ; quant au caramel et à ses dérivés ils ont une action mélassigène très accentuée que l'on observe très nettement dans le travail des bas-produits de raffinerie.

c) Au sucre lui-même. La viscocité des solutions sucrées pures même sursaturées n'oppose à leur cristallisation qu'un obstacle passager dont on triomphe par des variations judicieuses de leur température. Mais nous venons de voir que dans la mélasse la solubilité du sucre est considérablement augmentée par la présence du non-sucre ; dans la mélasse non-diluée à 60 de pureté, contenant 14 % d'eau, il y a 3,68 de sucre pour 1 d'eau, à 30° C. (contre 2,20 solubilité dans l'eau pure), et ce chiffre qui se rapporte à la teneur en eau totale fournie par l'analyse est certainement inférieur à la concentration réelle, car une partie de l'eau est combinée au non-sucre. Or, dans l'état actuel de nos connaissances nous n'avons aucun moyen de mesurer la viscosité d'une solution sucrée de pareille concentration ; mais comme nous savons que la viscosité des solutions de sucre pur augmente beaucoup plus rapidement que leur teneur en sucre, il est certain qu'elle doit être très élevée.

L'influence de la viscosité sur la cristallisation du sucre est encore très mal connue. Pour l'étudier il faudrait posséder une méthode permettant de déterminer la valeur du frottemeut intérieur des solu-

Digitized by Google

tions sucrées chargées de non-sucre, aux environs du point de cuite, détermination qui n'est pas possible au moyen des viscosimètres actuellement connus.

II. — MÉLASSE DE CANNES

Les matières étrangères au sucre dans la mélasse de cannes peuvent être divisées en deux groupes : 1° Les matières organiques et minérales, dont la composition qualitative est à peu près la même que dans la mélasse de betteraves ; 2° de la glucose [1] qui prend la place d'une certaine quantité de saccharose. Cet élément, qui n'existe pas ou à très faible dose dans la mélasse de betteraves, joue un rôle important dans la mélassigénie de la canne ; il est donc convenable d'examiner de près la composition générale de la mélasse de cannes, de la comparer avec celle de la mélasse de betteraves et de voir si les lois énoncées à propos de celle-ci s'appliquent à celle-là.

Nous mettrons d'abord en regard l'une de l'autre l'analyse d'une mélasse de betteraves et celle d'une mélasse de cannes, toutes deux bien épuisées, et pouvant être considérées comme types moyens des mélasses issues d'une matière première normale et d'un travail régulier.

	Mélasse de betteraves	Mélasse de cannes
Sucre	51,60	33,60
Glucose	0,10	18,40
Eau	14,00	16,00
Cendres	13,20	12,80
Matières organiques	21,10	19,20
	100,00	100,00
Pureté réelle	60,00	40,00
Sucre pour 1 de cendres	3,91	2,49
Sucre pour 1 de non-sucre	1,50	0,67
Sucre pour 1 d'eau	3,68	2,10
Rapport des matières organiques aux cendres	1,60	1,50

En comparant ces deux analyses ont est frappé de la différence considérable qui existe entre les deux mélasses dans le rapport du sucre à l'eau. Alors que 1 partie d'eau pure dissout 2,20 de saccha-

[1] Pour nous conformer à l'usage établi, nous désignons ici sous le nom de *glucose*, l'ensemble des sucres réducteurs contenus dans la mélasse de cannes. Sa composition diffère généralement de celle du sucre inverti, l'altération subie par ce dernier au cours de la fabrication portant surtout sur la lévulose, moins stable que la dextrose.

Digitized by Google

rose à la température de 30° C., on voit que la mélasse de betteraves en contient 3,68 et la mélasse de cannes 2,10, pour une partie d'eau, la première est fortement sursaturée, la seconde n'est pas saturée. On remarquera que pour établir le rapport du sucre à l'eau dans une mélasse quelconque on doit opérer sur le sirop-mère obtenu par égouttage de la masse cuite ; quand on prend la mélasse industrielle on se trouve en présence d'un produit qui a été aditionné d'eau, soit au malaxage, soit au turbinage, le rapport $\frac{\text{Sucre}}{\text{Eau}}$ n'est plus exact. Ajoutons encore que dans la mélasse de cannes la quantité d'eau (16 %) est plus élevée que dans celle de betteraves (14 %), parce que la viscosité plus grande des bas produits de la canne ne permettrait pas de les turbiner convenablement si on les serrait autant que ceux de la betterave.

Par suite de la teneur beaucoup plus faible en sucre dans la mélasse de cannes, les rapports $\frac{\text{Sucre}}{\text{Matière sèche}}$, $\frac{\text{Sucre}}{\text{Cendres}}$, $\frac{\text{Sucre}}{\text{Non-sucre}}$, sont naturellement inférieurs aux rapports correspondants dans la mélasse de betteraves. Mais si dans ces rapports on remplace le sucre par la somme de la saccharose et de la glucose (cette dernière étant exprimée en saccharose), on retrouve sensiblement les mêmes chiffres que pour la mélasse de betteraves. Ainsi, dans l'analyse ci-dessus la somme des deux sucres étant

$$33,60 + 17,50 = 51,10$$

on trouve :

Pureté réelle	60,8
Sucres pour 1 de cendres	4,0
Sucres pour 1 de non-sucre	1,59

Le rapport entre la somme des deux sucres et l'eau est égal à 3,20 chiffre inférieur à celui de la mélasse de betteraves (3,68), mais qui s'en rapproche et correspond à une forte sursaturation.

Par conséquent, dans la mélasse de cannes, la somme (saccharose + glucose) joue le même rôle que la saccharose dans la mélasse de betteraves ; tout se passe comme si, au fur et à mesure de la cristallisation, la saccharose déposée avait été remplacée par un poids équivalent de glucose. Nous verrons plus loin que cette hypothèse se trouve confirmée par l'expérience ; remarquons en passant que si elle est exacte, la somme (saccharose + glucose) doit être à peu près

Digitized by Google

constante dans toutes les mélasses épuisées au même degré, de même que la teneur en sucre des mélasses de betteraves est à peu près constante ; or, c'est précisément ce que l'on constate, les teneurs en saccharose et en glucose sont complémentaires l'une de l'autre et leur somme varie très peu pour des mélasses de même concentration.

La seule particularité que présente la mélasse de cannes comparée à celle des betteraves, c'est la faible quantité de saccharose retenue par l'eau qu'elle contient. La mélasse dont nous avons donné l'analyse renferme 2,10 de saccharose pour 1 partie d'eau, mais on trouve des chiffres bien inférieurs dans les mélasses contenant plus de glucose. Prinsen Geerligs donne pour les mélasses de Java bien épuisées des rapports du sucre à l'eau variant entre 1,30 et 1,60.

L'explication de ce phénomène a été donnée par les recherches de Prinsen-Geerligs [1] sur la formation de la mélasse de cannes. Il a constaté que la glucose forme avec les sels organiques de potasse des combinaisons sirupeuses, incristallisables, retenant l'eau avec énergie, tout à fait semblables à celles que donne la saccharose avec les mêmes sels et dont Gunning avait découvert l'existence. Dans la mélasse de betteraves ces dernières combinaisons tendent bien, par l'eau qu'elles retiennent, à permettre la cristallisation d'une certaine quantité de saccharose mais celle-ci reste immobilisée par sa liaison avec les sels alcalins. Dans la mélasse de cannes, la glucose prend dans la combinaison la place de la saccharose qui peut dès lors cristalliser.

En résumé, l'immobilisation du sucre dans la mélasse de cannes est soumise aux mêmes lois que dans la mélasse de betteraves. Mais le facteur glucose, qui n'existe pas dans celles-ci, nous oblige à introduire dans la première des conclusions formulées à la page 10 la restriction suivante : « toutes les matières qui constituent le non-sucre des mélasses contribuent à maintenir le sucre en solution, même celles qui ont pour l'eau une grande affinité, sauf dans le cas où ces dernières peuvent remplacer la saccharose dans les combinaisons qu'il forme avec certains éléments du non-sucre ».

[1] *Arch.* Java, Sugar Cane, 1894.

Digitized by Google

III. — EXTRACTION DU SUCRE DES MÉLASSES

Bien des procédés ont été proposés pour extraire le sucre contenu dans les mélasses de betteraves, mais nous ne mentionnerons que ceux qui sont entrés dans la pratique industrielle et qui reçurent de nombreuses applications dans les divers pays sucriers d'Europe à une époque où le sucre extrait des mélasses n'était pas soumis à l'impôt. Ce sont :

1° *L'osmose.* — Ce procédé consiste à séparer par dialyse le sucre des matières étrangères qui s'opposent à sa cristallisation. Il est dû à Dubrunfaut, il fut pendant quelque temps le seul système adopté et a encore quelques rares applications, dans certains pays ;

2° Les procédés basés sur la formation au sein de la mélasse d'un sucrate de chaux brut dont on sépare le non-sucre par lessivage à l'alcool à 44-50 °/₀. Tels sont les procédés, dits d'*élution*, de Scheibler-Seyferth-Bodenbender, de Manoury, de Weinrich, et les procédés, dits de *précipitation*, de Drevermann et de Sostmann. Le sucrate de chaux épuré est séparé de l'alcool par distillation, puis décomposé par l'acide carbonique ;

3° Les procédés de précipitation du sucre par la chaux, dans lesquels on forme un sucrate de chaux insoluble qu'on lave et qu'on traite ensuite par le gaz carbonique pour mettre le sucre en liberté.

Les premiers procédés de ce genre, nommés procédés de substitution, furent ceux de Drucker-Steffen : la précipitation se faisait sur la mélasse diluée, en employant du lait de chaux, à la température de l'ébullition. Plus tard vint la *séparation*, de Steffen, dans laquelle la précipitation a lieu *à froid*, avec emploi de chaux vive en poudre fine ; ce dernier système constitue un progrès considérable sur le précédent ;

4° Les procédés à la strontiane, dans lesquels on fait agir sur la mélasse de l'hydrate de strontiane pour obtenir soit du sucrate monobasique, soit du sucrate bibasique ; on sature ensuite la strontiane par l'acide carbonique et on la révivifie par calcination du carbonate.

5° Le procédé à la baryte ; il consiste à mélanger la mélasse avec une solution de baryte en chauffant à l'ébullition ; le sucre est entièrement précipité à l'état de sucrate de baryte qu'on lave à l'eau de baryte et qu'on décompose ensuite par le gaz carbonique.

Digitized by Google

Osmose. — Quand on met en présence de l'eau et une dissolution saline en les séparant par une membrane poreuse telle que du parchemin ou du papier, il s'établit un courant qui entraîne les sels dans l'eau extérieure (exosmose) et un courant de sens opposé qui fait pénétrer l'eau dans la solution saline (endosmose). Ces phénomènes auxquels on a donné le nom général d'*osmose* (comprenant comme cas particuliers, la dyalise et la diffusion à travers un septum), ont été mis en lumière par l'expérience classique de Dutrochet sur laquelle Dubrunfaut fonda en 1854 son procédé d'extraction du sucre des mélasses. Avant de le décrire, nous rappellerons les principes généraux suivants.

On donne le nom de membranes *perméables* à celles qui laissent passer à la fois l'eau et les corps dissous et on appelle *semi-perméables*, celles qui ne se laissent traverser que par l'eau. A la première catégorie appartiennent les membranes animales et végétales telles que le parchemin, le papier, les parois cellulaires ; à la seconde, l'enveloppe protoplasmique intra-cellulaire et les membranes artificielles colloïdales (ferrocyanure de cuivre, silice gélatineuse, etc.).

Suivant la rapidité plus ou moins grande avec laquelle les différents corps traversent la membrane, on les a divisés en deux grandes classes : les *cristalloïdes*, qui diffusent rapidement, et les *colloïdes* qui passent lentement, difficilement. D'après cette division, établie par Graham, mais qui n'a rien d'absolu, les cristalloïdes comprennent surtout les corps cristallisés et en première ligne les sels minéraux, tandis que dans les colloïdes se rangent les corps incristallisables tels que les albumines, la gélatine, les gommes, etc., qui sont tous des composés à grosses molécules, ce qui explique leur passage difficile à travers les pores d'une membrane.

On appelle *cellule* l'espace clos par une membrane, qui renferme la solution saline. L'intensité du courant qui fait pénétrer l'eau dans la cellule est accusée par la pression qui s'établit à l'intérieur de celle-ci et qu'on nomme *pression osmotique* ; elle donne la puissance osmotique.

La pression osmotique est proportionnelle à la concentration ; elle augmente avec la température proportionnellement au binôme de dilatation des gaz $(1 + \alpha t)$.

En imaginant son procédé d'osmose, Dubrunfaut était conduit par

Digitized by Google

cette idée que le grand obstacle à la cristallisation du sucre était représenté par les sels minéraux, chlorure de potassium et nitrate de potasse, qu'on retrouve dans les cendres de la mélasse. Il prenait comme mesure de l'épuration obtenue en osmosant la mélasse, le rapport du sucre aux cendres ou coefficient salin, qui est voisin de 4,00 dans la mélasse épuisée. Dès lors toute élévation de ce chiffre devait permettre la cristallisation d'une certaine quantité de sucre. Nous avons vu, en examinant les causes de l'immobilisation du sucre dans la mélasse, que l'opinion de Dubrunfaut est inexacte ; mais comme l'osmose permet d'éliminer, non seulement les sels minéraux, mais en outre une partie des sels organiques, et qu'en définitive elle diminue le rapport du non-sucre au sucre, on comprend qu'elle rende disponible une certaine quantité de sucre.

Dans la pratique industrielle de l'osmose, pour régler la marche des appareils on se base sur le coefficient salin de la mélasse qu'on cherche à relever en éliminant la plus grande quantité possible de sels avec le minimum du sucre. Les conditions les plus favorables pour obtenir ce résultat sont : une forte concentration de la mélasse et une température aussi haute que possible. D'autre part, pour augmenter la puissance de travail des appareils, ceux-ci devront présenter une grande surface d'osmose sous un faible volume.

Ces diverses conditions se trouvent assez heureusement réalisées dans l'appareil dit *osmogène* imaginé par Dubrunfaut et que nous allons décrire (fig. 241).

Entre deux sommiers en fonte l'un fixe, l'autre mobile, sont serrés des cadres en bois de deux espèces ; ils portent tous quatre trous circulaires ABCD, A′ B′ C′ D′ (fig. 239 et 240), mais le cadre à eau porte deux petits conduits *a* et *c* qui font communiquer A et C avec l'intérieur du cadre ; tandis que pour le cadre à mélasse c'est B′ et D′ qui communiquent avec l'intérieur du cadre par les conduits *d′* et *b′*. Si dès lors nous plaçons l'un contre l'autre alternativement un cadre à eau et un cadre à mélasse, un cadre à eau, etc., et si entre chacun de ces cadres se trouve une membrane de papier parchemin percée de trous à l'endroit des ouvertures ABCD, A′ B′ C′ D′, nous aurons une série de chambres séparées les unes des autres par le papier ; faisant alors entrer de l'eau par l'ouverture A du premier cadre et de la mélasse par l'ouverture D de ce cadre, l'eau se répandra dans le canal formé par les ouvertures A et dans les cadres à eau par les conduits *a*, et la

Digitized by Google

mélasse dans le canal formé par les ouvertures D et dans les cadres à mélasse par les conduits *d'*. Il y aura osmose entre la mélasse de chaque chambre et l'eau des deux chambres voisines ; la mélasse osmosée se rendra par les conduits *b* dans le canal B' et sortira par le dernier cadre, tandis que l'eau d'exosmose se rendra dans le canal C par les conduits *c* et sortira par le dernier cadre.

On s'arrange pour qu'à chacune des extrémités de la série des cadres se trouve un cadre à eau.

L'eau est introduite par les entonnoirs *b* et *b'* ; la mélasse osmosée sort par l'éprouvette *c* et l'eau d'exosmose par les éprouvettes *d*, et *d'* ; la mélasse à osmoser est introduite par les entonnoirs *a*, *a'* ; dans la marche telle que nous l'indiquons les entrées d'eau et de mélasse se font par les deux extrémités des canaux ; les petits tubes en verre *hh*

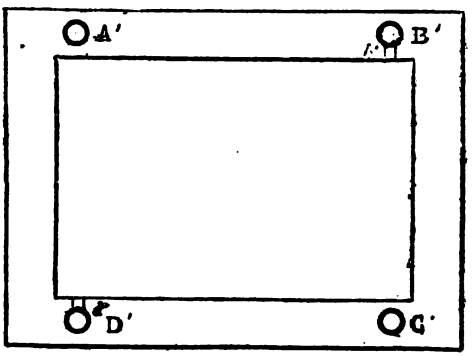


Fig. 239. — Cadre à mélasse.

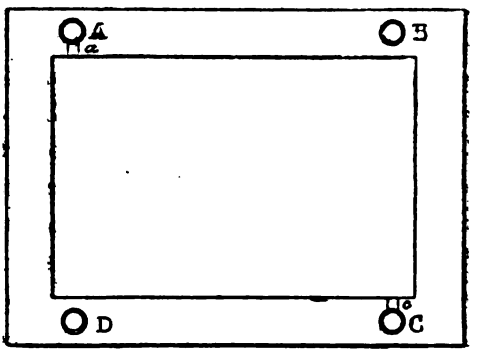


Fig. 240. — Cadre à eau

sont destinés à éliminer l'air qui se trouve dans les cadres ; ceux-ci sont munis de ficelles et de barres en bois destinées à soutenir les feuilles de papier parchemin qui sont doubles et sont placées à cheval sur les cadres, tous les deux cadres ; généralement on peint les cadres à eau et les cadres à mélasse en deux couleurs différentes.

L'éprouvette *d* doit être suffisamment élevée pour que les cadres à eau soient toujours pleins ; si elle était basse cela n'aurait pas lieu, puisque l'eau entre par le haut des cadres.

Dans les éprouvettes de sortie d'eau et de mélasse on place un densimètre destiné à renseigner sur la marche de l'appareil ; pour empêcher que ce densimètre ne danse dans l'éprouvette, on introduit dans celle-ci une gaîne perforée suspendue par trois pattes ; c'est dans cette gaîne que se meut le densimètre qui de cette manière n'est pas influencé par le courant.

Digitized by Google

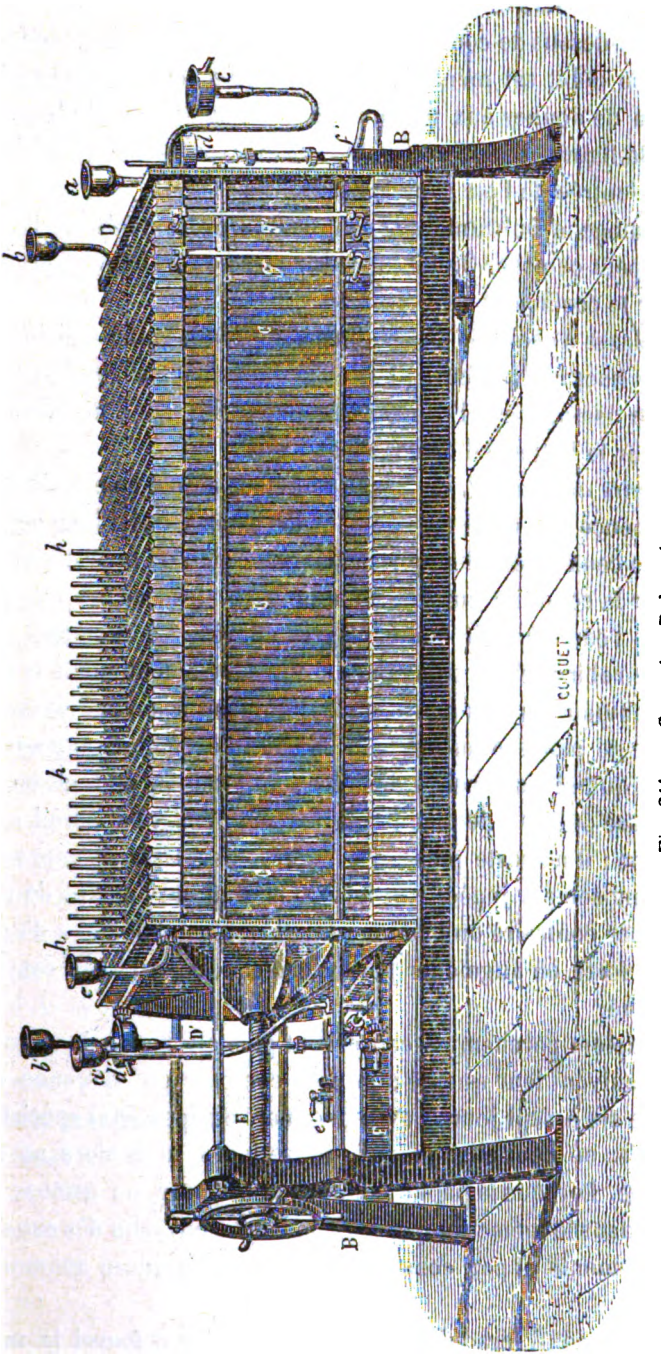


Fig 241. — Osmogène Dubrunfaut.

Digitized by Google

Les conduites de mélasse et d'eau à introduire dans les osmogènes courent au-dessus de ceux-ci, une tubulure munie d'un robinet servant à règler le débit est ménagée au-dessus de chaque entonnoir.

Au lieu de donner aux tuyaux des entonnoirs à eau la forme qu'ils ont sur la figure, il est préférable de les recourber en siphon afin d'éviter l'entrée de l'air dans les cadres.

Un osmogène Dubrunfaut à cent cadres présente 43 m² de surface utile ; il peut osmoser 3.000 kg. de mélasse en 24 heures, de manière à relever le coefficient salin de 2,50 à 3,0.

La mélasse à osmoser est chauffée à une température voisine de 100° dans des bacs réchauffeurs d'où elle coule dans la conduite qui alimente les osmogènes ; l'eau est chauffée à 95° dans un bac placé en charge sur la batterie d'osmogènes.

Conduite du travail. — L'appareil étant monté comme il a été dit, on commence par emplir d'eau tous les cadres, aussi bien ceux à mélasse que ceux à eau ; l'emplissage d'eau a lieu en ouvrant le robinet placé sur la conduite qui fait communiquer les canaux CD, de cette manière l'eau remplit toutes les chambres. Le moment venu, on ferme ce robinet et on commence à introduire lentement la mélasse par les entonnoirs *aa'* ; peu à peu les liquides sortant par les entonnoirs de sortie de mélasse osmosée et d'eau d'exosmose augmentent de densité ; quand les densités désirées sont atteintes on règle les entrées de mélasse et d'eau de manière à les maintenir, l'appareil est alors en régime ; il ne reste plus qu'à le surveiller. Si la densité de la mélasse osmosée est jugée trop forte, on diminue l'entrée de mélasse, dans le cas contraire on l'augmente ; si la densité de l'eau d'exosmose est trop forte on augmente l'arrivée d'eau, dans le cas contraire on la diminue.

Les papiers parchemins conservent plus ou moins longtemps leur activité suivant leur qualité ; on peut compter en moyenne sur une durée de six à sept jours ; avec une marque appelée O spécial, papier très épais, on peut aller jusqu'à douze jours, mais alors on fait peu d'ouvrage. Lorsque le papier commence à s'user, on osmose plus de mélasse dans le même temps, mais le coefficient salin des eaux d'exosmose augmente et par conséquent la perte en sucre augmente également.

Généralement, lorsqu'on juge que le papier a fourni la moitié du travail qu'on lui demande, on renverse les courants, c'est-à-dire que,

Digitized by Google

au lieu de faire entrer la mélasse par D on la fait entrer par C, et au lieu de faire entrer l'eau par A on la fait entrer par B ; les chambres à eau deviennent chambres à mélasse et réciproquement ; la sortie d'eau devient entrée de mélasse, et la sortie de mélasse devient entrée d'eau. Ce renversement de courant a pour but de débarrasser le papier des dépôts qui s'y sont fixés et de diriger les courants de mélasse et d'eau d'abord suivant une diagonale du rectangle ABCD, puis suivant l'autre afin d'user le papier autant que possible sur toute sa surface.

Si on se trouve en présence de mélasses contenant beaucoup de sels de chaux, on devra éliminer ceux-ci par le carbonate de soude, car d'après Leplay le rapport de diffusibilité entre les sels alcalins et les sels de chaux est de 100 à 40.

La mélasse osmosée est ensuite concentrée dans l'appareil à cuire, puis envoyée à l'empli.

Les eaux d'exosmose sont généralement concentrées à 40° Baumé environ et vendues au distillateur qui en retire de l'alcool et des salins de potasse.

Pour conduire convenablement le travail d'osmose il faut faire des analyses répétées des produits avant et après osmose et se baser sur les coefficients salins pour la marche à imprimer au travail.

Le coefficient salin des eaux d'exosmose doit être aussi voisin que possible de 1 dans le cas où l'on vend les eaux d'exosmose sans les réosmoser, afin d'éliminer le moins de sucre possible par ces eaux ; si le coefficient salin est trop élevé, on fait passer plus d'eau dans l'osmogène, la densité de l'eau d'exomose diminuera ainsi que le coefficient salin. On comprend donc qu'en faisant des analyses assez répétées de mélasse osmosée et d'eau d'exosmose on puisse dire à l'ouvrier osmoseur à quel degré Baumé et à quelle densité il doit marcher.

Voici les résultats obtenus dans une usine en faisant trois osmoses successives :

Digitized by Google

Moyennes de la 1re Osmose.

	Densité et Degré Baumé	Sucre	Cendres	Coef. salin	Alcalinité	Chaux	Pureté	Gain
Mélasse avant osmose	42°9	48,99	10,93	4,48	0,25	0,077	60,33	3,34
Mélasse après osmose	15°5	20,42	2,61	7,82	»	»	»	Valeur d'osmose
Eaux d'Exosmose	1015	12,96	10,53	1,23	»	»	»	$\frac{3,34}{1,23}=2,71$
Eaux concentrées	42°3	28,90	21,71	1,33	»	»	»	
Masse cuite osmosée . . .	1522	62,99	8,31	7,58	0,20	0,14	66,23	

Moyennes de la 2e Osmose.

	Densité et Degré Baumé	Sucre	Cendres	Coef. salin	Alcalinité	Chaux	Pureté	Gain
Mélasse avant osmose	41°9	49,74	9,20	5,40	0,21	0,15	62,88	3,00
Mélasse après osmose	17°5	22,60	2,69	8,40	»	»	»	Valeur d'osmose
Eaux d'Exosmose	1010	8,90	6,23	1,42	»	»	»	$\frac{3,00}{1,42}=2,11$
Eaux concentrées	41°9	28,20	19,80	1,42	»	»	»	
Masse cuite osmosée . . .	1504	63,60	7,62	8,34	0,18	0,22	68,60	

Moyennes de la 3e Osmose.

	Densité et Degré Baumé	Sucre	Cendres	Coef. salin	Alcalinité	Chaux	Pureté	Gain
Mélasse avant osmose	41°0	49,23	7,86	6,26	0,17	0,24	63,70	2,84
Mélasse après osmose	17°8	23,20	2,55	9,10	»	»	»	Valeur d'osmose
Eaux d'Exosmose	1011	11,41	6,19	1,84	»	»	»	$\frac{2,84}{1,92}=1,54$
Eaux concentrées	41°4	31,30	16,22	1,92	»	»	»	
Masse cuite osmosée . . .	1502	60,80	6,83	8,90	0,17	0,27	65,80	

Digitized by Google

Une autre manière de conduire l'osmose consiste à relever le coefficient salin de la mélasse en deux fois ; elle permet de produire les eaux d'exosmose à un coefficient salin moins élevé et de faire plus de travail avec le même appareil ; pour cela les égouts sortant de la turbine sont chauffés et passés dans une première batterie d'osmogènes où le coefficient salin est relevé de 2, par exemple, si on désire un relèvement total de 4 ; la mélasse osmosée en provenant est concentrée vers 40° Baumé, puis passée dans une nouvelle batterie d'osmogènes qui relève encore le coefficient de 2.

En général, quand on fait subir à une mélasse ayant 61-62 de pureté une osmose profonde qui relève la pureté de 9 points on obtient des eaux d'exosmose à 30 de pureté en perdant 5 kg. de sucre par 100 kg. de mélasse entrée. La masse cuite obtenue représente 70 kg. et il reste 54 kg. d'égout pour la 2e osmose.

Par 3 osmoses successives on retire 28 à 30 kg. de sucre polarisant 90°, par 100 kg. de mélasse initiale ; il reste à peu près 20 kg. de mélasse résiduaire.

*
* *

La construction de l'osmogène Dubrunfaut a été modifiée par divers constructeurs qui ont cherché à obtenir une usure plus régulière du papier parchemin.

Osmogène Selwig et Lange. — Les cadres de cet appareil ne portent pas de traverses et les ficelles sont remplacées par des fils de laiton contournés en spirale et horizontaux ; le changement de marche se fait par la simple manœuvre d'un robinet ; sur le sommier fixe sont ménagés, en dehors des entonnoirs destinés à l'entrée et à la sortie de l'eau et de la mélasse, des tubes destinés au dégagement de l'air et d'autres tubes indiquant le niveau de liquide dans les cadres à eau et à mélasse.

Dans cet appareil la mélasse et l'eau se rendent chacune par un canal respectif à l'extrémité de l'osmogène opposée aux entrées, puis reviennent en avant par deux autres canaux et se distribuent alors dans les cadres ; de cette manière la somme des chemins parcourus par la mélasse avant et après osmose est la même, quel que soit le cadre considéré : il en est de même pour l'eau. Cette disposition assurerait une égale répartition des deux liquides.

Digitized by Google

Osmogène Märky, Bromowski et Schulz. — Le renversement des courants s'effectue au moyen de cuvettes distributrices destinées aux entrées et aux sorties d'eau et de mélasse ; il suffit pour obtenir le résultat cherché de leur faire subir une rotation à 180°.

Osmogène rotatif de Mathée et Scheibler. — Cet appareil, tout en n'ayant qu'une seule conduite de mélasse avant osmose et une seule conduite d'eau, permet d'introduire ces deux liquides pendant la première période d'usure des papiers par un sommier, et pendant la 2e période par l'autre ; ce résultat est obtenu au moyen d'une rotation de l'osmogène de 180°, le courant de mélasse qui se faisait d'abord suivant la diagonale d'un cadre se fait ensuite suivant l'autre diagonale, ce qui assure une usure à peu près uniforme des papiers.

On devra avec cet appareil opérer le renversement avec précaution, car si on n'évite pas une secousse qui peut se produire au moment de la 1/2 rotation complète, les dépôts qui se trouvaient primitivement à la partie basse des cadres tombent brusquement et crèvent les papiers parchemins.

La qualité de l'eau influe considérablement sur la bonne marche de l'osmose. L'eau employée doit être aussi pure que possible. Il faut surtout éviter l'emploi des eaux dures, car les bicarbonates alcalino-terreux donnent avec la mélasse alcaline des carbonates insolubles de chaux et de magnésie qui se déposent sur le parchemin et le recouvrent d'une croûte qui empêche les matières diffusibles de le traverser. Si on est obligé d'employer des eaux de cette nature il est indispensable de les soumettre à une épuration chimique.

Avantages et inconvénients de l'osmose. — Un des principaux avantages de l'osmose consiste dans la simplicité de son installation. Ce procéde n'exige que peu d'emplacement, les appareils sont peu coûteux et faciles à conduire. Son principal inconvénient réside dans l'impossibilité d'épuiser la mélasse et dans l'obligation de la soumettre à plusieurs osmoses successives, ce qui conduit à une perte en sucre très élevée.

PROCÉDÉS A LA CHAUX ET A L'ALCOOL

Procédés d'élution. — Tous ces procédés sont basés sur la formation d'un sucrate de chaux et sur son épuration au moyen de l'alcool qui entraîne les impuretés.

Digitized by Google

Procédé Scheibler. — En 1865 Scheibler eut l'idée de faire entrer le sucre en combinaison avec la chaux, de laver à l'alcool le sucrate obtenu et, après avoir chassé l'alcool par distillation, de décomposer ce sucrate par l'acide carbonique afin d'en extraire le sucre. Pour arriver à ce résultat, il mélangeait de la chaux récemment hydratée à de la mélasse dans la proportion de 45 de chaux pour 100 de sucre contenu dans la mélasse ; au bout de quelque temps le mélange se refroidissait et se prenait en masse compacte que l'on desséchait en la portant à 100°, on triturait cette masse avec de l'alcool à 35° qui s'emparait des sels et des impuretés organiques, on le séparait du sucrate et on décomposait ce dernier par l'acide carbonique.

Procédé Scheibler-Seyferth. — Dans le procédé Scheibler la dessiccation du sucrate est très difficile pour ne pas dire impossible.

En 1872, Seyferth eut l'idée de remplacer la chaux hydratée par la chaux vive ; il obtint de cette façon un sucrate léger, poreux, se prêtant mieux que celui de Scheibler au lessivage par l'alcool.

Le mélange est effectué au moyen d'un appareil (Kollergang) composé de deux meules verticales qui tournent sur une aire conique sur laquelle est versée la mélasse en même temps que la chaux. Le sucrate pâteux tombe dans des caisses de Schützenbach où il se solidifie ; il est ensuite divisé d'abord grossièrement à la main, puis finement dans un appareil muni de couteaux circulaires qui tournent autour de deux axes horizontaux ; il ne reste plus qu'à l'introduire dans des appareils appelés *éluteurs* où il est lessivé avec de l'alcool à 35-40 %. Les éluteurs sont des vases fermés en tôle munis d'un faux-fond perforé ; par leur forme et leur agencement ils se rapprochent beaucoup des diffuseurs. Ils sont réunis en batterie et la circulation de l'alcool se fait méthodiquement comme dans une batterie de diffusion.

Le sucrate épuré est distillé par chauffage à la vapeur dans l'éluteur ; on obtient ainsi un lait de sucrate qui est ajouté au jus de betteraves avant la carbonatation, au lieu et place du lait de chaux.

Procédé Scheibler-Seyferth modifié par Bodenbender. — Le travail du sucrate poreux fourni par le procédé Seyferth présentant certaines difficultés, Bodenbender trouva le moyen de produire un sucrate en pâte sedurcissant par refroidissement et pouvant être découpé ensuite en lamelles. Cette préparation du sucrate facilite le traitement par l'alcool.

Le procédé Bodenbender comporte les opérations suivantes :

Digitized by Google

1° Formation du sucrate de chaux, à l'état pâteux.

2° Coulage en caisses de la pâte de sucrate et découpage des blocs produits.

3° Elution du sucrate découpé.

4° Extraction du lait de sucrate de chaux.

5° Distillation de l'alcool.

Les deux premières opérations sont les seules qui diffèrent du procédé Scheibler-Seyferth.

Le sucrate brut est préparé au moyen de l'appareil à meules mentionné ci-dessus. On y introduit d'abord une certaine quantité d'eau chaude, puis de la mélasse et enfin de la chaux vive en poudre fine, par portions successives. Après malaxage, on coule la pâte fluide dans des caisses en tôle munies de cloisons mobiles où elle durcit en prenant la forme de blocs réguliers qu'on découpe ensuite en lamelles au moyen d'un cylindre tournant portant une série de couteaux à doigts.

Procédé Manoury. — Ce procédé diffère essentiellement des précédents par le mode de préparation et la structure physique du sucrate de chaux brut. La chaux vive en morceaux est éteinte à l'état de poudre par une courte immersion dans l'eau ; l'hydrate obtenu est tamisé et mélangé à la mélasse concentrée à 42° B. dans la proportion d'environ 50 % dans un appareil clos muni d'un agitateur qui a pour but de projeter de tous côtés la mélasse en gouttelettes, afin d'obtenir un sucrate présentant l'aspect d'une masse sablonneuse. Celle-ci est tamisée pour en séparer la poussière qui est renvoyée au mélangeur. Les grains sont lessivés à l'alcool à 45° dans des éluteurs, d'une forme semblable à ceux du système Scheibler-Seyferth-Bodenbender ; l'élution est grandement facilitée par l'état grenu du sucrate brut et par sa perméabilité à l'alcool.

Comme dans le procédé précédent, le sucrate éluté est distillé dans l'éluteur ; il donne un lait de sucrate qui est décomposé par l'acide carbonique et employé à la place de lait de chaux à la carbonatation du jus de betteraves. Ce sucrate peut aussi être carbonaté séparément, dans le travail hors campagne, et on obtient ainsi directement le sucre de la mélasse.

Il faut noter, comme particularité du procédé Manoury, la préparation qu'on fait subir à la mélasse en vue de transformer en sels de soude, solubles dans l'alcool, les sels organiques de chaux préexis-

Digitized by Google

tants ou formés pendant le travail. A cet effet on ajoute à la mélasse, avant sa concentration, une quantité de carbonate de soude déterminée par des essais de laboratoire.

Procédé Drevermann. — Dans ce procédé on forme un sucrate de chaux tribasique en précipitant le sucre de la mélasse par la chaux en présence de l'alcool. — On introduit dans un mélangeur la mélasse dilnée par de l'alcool de manière à ce que l'alcool ajouté et l'eau contenue dans la mélasse constituent un mélange à 36 %; on ajoute ensuite de la chaux caustique pulvérisée ; l'élévation de température est peu considérable. On laisse refroidir le mélange en l'agitant continuellement, puis on passe aux filtres-presses et on lave le sucrate avec de l'alcool.

On délaye ensuite le sucrate dans l'eau, on le distille, et on envoie le lait de sucrate au lieu de lait de chaux à la carbonatation.

Procédé Sostmann. — Il se rapproche beaucoup de celui de Drevermann.

On met dans un mélangeur clos de la chaux en morceaux avec de l'alcool à 35 % de manière à préparer un lait de chaux alcoolique, on y ajoute la mélasse épurée sortant des filtres-presses dans la proportion de 33 kg. de chaux pour 100 kg. de mélasse; l'alcool volatilisé est réintroduit dans l'appareil et on fait circuler le mélange au moyen d'une pompe pendant 4 heures environ dans un circuit qui va du mélangeur dans un refroidisseur et du refroidisseur au mélangeur, et ainsi de suite. Le sucrate précipité est envoyé aux filtres-presses dans lesquels on le lave à l'alcool à 15 % d'abord, puis à 35 %, on le débarrasse de l'alcool restant après le lavage par l'air comprimé, on le soumet à la distillation et on envoie le lait de sucrate à la carbonatation.

PROCÉDÉS A LA CHAUX

Substitution Steffen-Drucker. — Le procédé dit de « Substitution » est basé sur l'observation suivante. Quand on ajoute à une solution sucrée de la chaux en quantité suffisante pour former un sucrate monobasique, dans les conditions que nous indiquerons plus loin, et qu'on porte ensuite la solution à une température supérieure à 100°, on précipite le 1/3 du sucre sous forme de sucrate tribasique, d'après la relation :

$$3\,(C^{12}H^{22}O^{11}, CaO) = (C^{12}H^{22}O^{11}, 3\,CaO) + 2\,C^{12}H^{22}O^{11}.$$

Digitized by Google

En faisant la même opération sur la solution sucrée séparée du précipité, on isolera une nouvelle quantité de sucre égale à $2/3 \times 1/3$ du sucre initial, de sorte qu'en répétant un nombre de fois suffisant le même traitement on devra, théoriquement, extraire tout le sucre contenu dans la solution sucrée initiale. On aurait donc ainsi un moyen simple d'extraire le sucre de la mélasse.

Une première tentative faite dans cette voie par Sebor le conduisit à un échec ; il faut en effet, pour assurer la précipitation complète suivant la relation ci-dessus, observer certaines conditions relatives à la proportion de chaux employée, à son état physique et à la température. C'est sur l'application de ces diverses conditions qu'est fondé le procédé de la substitution de Steffen-Drucker.

Formation du monosucrate de chaux. — Lippmann a montré que la forme sous laquelle on ajoute la chaux à une solution sucrée exerce une grande influence sur la formation du monosucrate. Dans une solution sucrée étendue additionnée de lait de chaux, c'est entre 0° et 15° C. que la réaction s'effectue le mieux, mais il faut de 16 à 18 heures de contact pour qu'elle soit complète. Si on emploie de la chaux vive, en poudre impalpable, elle se dissout presque instantanément dans la solution sucrée, à toutes les températures inférieures à 70°, en donnant un monosucrate (Lippmann).

Dans le procédé de la substitution, c'est à l'état de lait qu'on emploie la chaux. On a remarqué que pour obtenir une formation aussi complète que possible du monosucrate, la solution sucrée ne doit pas contenir plus de 6 °/₀ de sucre, en poids. La marche du travail est la suivante.

1° *Formation du sucrate de chaux monobasique.* — Dans un vase cylindrique, vertical, muni d'un agitateur, on dilue la mélasse à traiter jusqu'à ce qu'elle ne pèse plus que 11 à 12° Brix. A l'aide d'une pompe centrifuge, on envoie le mélange dilué dans deux refroidisseurs analogues à ceux que l'on emploie en brasserie. On règle ces appareils de façon à ce que la mélasse diluée ne dépasse pas une température de 12° C. Quand ce point est obtenu, on introduit le liquide dans un vase, cylindrique, horizontal, muni d'agitateurs, où on envoie en même temps de la chaux vive en poudre, de manière à avoir 100 de chaux pour 100 de sucre. Cette addition constitue une modification apportée ultérieurement au procédé dans le but de faciliter la formation du monosucrate.

Digitized by Google

On a produit ainsi un mélange de sucrate de chaux monobasique soluble, et de chaux en excès que l'on sépare au moyen de filtres-presses. Quand les tourteaux sont formés on les épuise à l'eau froide et on les rejette.

2° *Transformation de sucrate de chaux monobasique en sucrate tribasique insoluble à 105° C.* — La solution de monosucrate brut sortant des filtres-presses est envoyée dans un vase cylindrique, vertical, muni d'agitateurs et d'organes de chauffage où elle est portée à une température de 105° C. il y a précipitation de sucrate tribasique contenant le 1/3 du sucre de la mélasse.

3° *Extraction et épuration du sucrate tribasique formé.* — On envoie le mélange dans des filtres-presses, où le sucrate reste à l'état de tourteaux qu'on lave avec de l'eau à 105° C.

Les eaux-mères et les eaux de lavage sont recueillies dans des bacs où elles seront reprises, comme nous l'indiquerons plus loin, pour rentrer en travail. Les tourteaux de sucrate sortant des filtres-presses sont délayés avec de l'eau à 105° et passés dans une nouvelle batterie de filtres-presses, lavés à l'eau bouillante et délayés ensuite dans un malaxeur avec du jus de 2e carbonatation ; le sucrate ainsi obtenu est employé, au lieu de lait de chaux, à la 1re carbonatation.

4° *Régénération des eaux-mères.* — Les eaux-mères provenant de la précipitation du sucrate tribasique, jointes à celles fournies par le lavage de ce sucrate sont mélangées avec une quantité de mélasse fraîche suffisante pour ramener la teneur en sucre de l'ensemble à 6 %.

On traite ce nouveau mélange comme le premier, ce qui fournit une nouvelle quantité de sucrate tribasique utilisé en fabrication, et une nouvelle quantité d'eaux-mères que l'on régénère comme les précédentes, et ainsi de suite.

5° *Réduction des eaux-mères.* — Lorsqu'on a répété un certain nombre de fois les opérations précédentes, on se trouve en présence d'un volume très considérable d'eaux-mères. Celles-ci sont d'ailleurs fortement chargées de non-sucre qui rend plus difficile la formation du sucrate et sa purification.

On est donc amené à liquider la situation de temps à autre ; c'est ce qu'on appelle « faire la réduction ». Elle se fait de la manière suivante.

Au lieu d'ajouter de la mélasse fraîche aux eaux-mères on les traite

Digitized by Google

directement en les additionnant d'une quantité de chaux correspondant à leur teneur en sucre qui est en moyenne de 3 %. On obtient ainsi une eau-mère seconde contenant encore près de 2 % de sucre. On traite celle-ci de la même manière et on arrive ainsi à avoir une eau-mère finale à 0,7-0,8 % de sucre qu'on évacue. Leur volume est de 400 l. environ par 100 kg. de mélasse.

Dans le procédé de substitution, la perte en sucre est à peu près de 6 kg. % de sucre contenu dans la mélasse.

Séparation Steffen. — Steffen imagina, après la *substitution*, un autre procédé appelé *séparation*, plus simple et plus avantageux que le précédent ; il est basé sur la formation à froid d'un sucrate de chaux tribasique obtenu en ajoutant à la mélasse diluée de la chaux vive en poudre fine, la température étant maintenue constamment en dessous de 15° C.

Les diverses phases du travail sont :

1° Production de la chaux vive en poudre ;

2° Formation à froid de sucrate tribasique ;

3° Extraction et épuration du sucrate tribasique.

Production de la chaux vive en poudre. — La formation à froid du sucrate tribasique exige l'emploi de chaux très pure parfaitement et récemment cuite (elle ne doit pas contenir de parties hydratées), et réduite en poussière impalpable.

Les morceaux de chaux, concassés à la grosseur d'une noix, sont broyés finement ; la poudre de chaux est ensuite blutée deux fois, la seconde bluterie étant garnie de toiles métalliques spéciales, d'une extrême finesse.

La farine de chaux s'accumule dans une grande trémie placée au-dessus d'un mesureur à tourniquet qui permet de la faire tomber, par portions régulièrement dosées dans les appareils où se forme le sucrate.

Formation du sucrate tribasique de chaux. — L'appareil servant à la formation du sucrate est un mélangeur refroidisseur à faisceau tubulaire avec agitateurs. La mélasse diluée à 10-12° Brix (6 à 7 % de sucre) est amenée dans un bac en charge d'où elle coule dans le mélangeur. On en introduit un volume suffisant pour remplir la caisse tubulaire de l'appareil, et on fait en même temps circuler de l'eau froide autour des tubes de façon à amener le liquide à une température voisine de 5 à 6°,5 C. au-dessus de 0°. Cette température peut

Digitized by Google

varier, mais dans aucun cas elle ne doit dépasser 13°,5 au-dessus de 0.

Quand la mélasse diluée est arrivée à une température convenable, on fait tomber la chaux en poudre, par petites quantités pour faciliter le mélange et pour ne pas augmenter sensiblement la température de la masse.

Au bout de 45 minutes, l'opération est terminée, on a obtenu un mélange pâteux de sucrate tribasique insoluble à froid, de chaux hydratée et de non-sucre.

Extraction et épuration de sucrate formé. — Quand le sucrate est bien formé dans les refroidisseurs, un système de pompes envoie le mélange dans des filtres-presses. Une fois les tourteaux formés, on les lave à l'eau froide jusqu'à ce que le liquide qui s'écoule ne marque plus que 2° Brix.

L'eau-mère du sucrate qui s'écoule avant le lavage et dont le degré est supérieur à 5° Brix, contient 0,5 à 0,6 % de sucre ; elle est rejetée. Les eaux de lavage (de 5 à 2° Brix) servent à diluer la mélasse.

Le sucrate lavé donne après saturation un jus dont la pureté peut atteindre 96. Il est envoyé à la carbonatation. Comme il contient une grande quantité de chaux en excès sur celle qui correspond au sucrate tribasique, on élimine dans certains cas cet excès de chaux en délayant les tourteaux dans du jus sucré ; il se forme alors du sucrate monobasique et de la chaux libre qu'on sépare par un passage aux filtres-presses.

La perte en sucre dans les eaux-mères et les eaux de lavage évacuées est d'environ 7 kg. par 100 kg. de sucre dans la mélasse.

PROCÉDÉS A LA STRONTIANE

Dubrunfaut et Laplay (1849) eurent les premiers l'idée d'employer la strontiane pour l'extraction du sucre des mélasses, mais ils furent arrêtés dans la pratique par le prix élevé de la strontiane ; ils étaient du reste les inventeurs du travail des mélasses par la baryte et trouvaient cette dernière base plus avantageuse pour la précipitation du sucre.

La découverte en Westphalie de gisements de strontianite ou carbonate de strontium changea les conditions économiques du problème

Digitized by Google

et en 1880 le Dr Scheibler fit breveter un procédé basé sur l'emploi du sucrate basique de strontiane ; en 1882, il prit un second brevet pour l'emploi du sucrate monobasique.

Le sucrate monobasique prend naissance quand on ajoute à une solution sucrée de la strontiane à une température voisine de 15° ; au bout de quelques heures il est complètement formé ; il a l'aspect d'une masse gélatineuse composée de 63,86 % de sucre, 19,33 de strontiane et 16,81 d'eau.

Le sucrate bibasique se forme à l'ébullition, il a une texture grenue et contient 46,90 % de sucre, 23,30 de strontiane et 24,80 % d'eau.

Procédé au sucrate bibasique. — Dans ce procédé, la précipitation est effectuée à chaud ; mais, comme l'a constaté le Dr Scheibler, on doit employer un excès de strontiane pour avoir le maximum de rendement : on emploie 3 molécules de strontiane pour 1 de sucre.

Dans une chaudière munie d'un agitateur, d'un barbotteur ou d'un serpentin de chauffage, d'un thermomètre et d'une soupape de vidange on introduit par portions la mélasse et la strontiane nécessaires à une opération.

Pour 100 kg. de mélasse ou emploie environ 260 kg. d'hydrate de strontiane.

Vers la fin de l'opération l'alcalinité est constatée sur un échantillon filtré ; elle doit être de 12 à 14 % ; on fait alors bouillir et on obtient presque tout le sucre à l'état de sucrate bibasique. On vidange dans des sucettes munies d'un cadre en toile métallique, à compartiments, et de tissus filtrants ; on fait le vide pour aspirer l'eau-mère, tandis que le sucrate est retenu ; ces sucettes sont sans cesse animées d'un léger mouvement autour d'un axe horizontal.

Les eaux-mères sont recueillies et envoyées dans des bacs où elles se refroidissent et cristallisent en donnant de l'hydrate de strontiane qui rentre dans la fabrication.

Le sucrate est lavé dans les sucettes à trois reprises différentes au moyen d'eau de strontiane à 10 %, bouillante, le liquide qui résulte de cette opération est envoyé aux chaudières de précipitation du sucrate.

Pour décomposer le sucrate lavé on se base sur la propriété qu'il possède de donner naissance par refroidissement à de l'hydrate de strontiane qui cristallise et à de l'eau sucrée. Les cadres sont enlevés

Digitized by Google

des sucettes et portés dans des extracteurs spéciaux montés en batterie ; on fait passer dans ces vases de l'eau refroidie entre 4° et 15° et contenant 2 % de strontiane provenant de la cristallisation du sel blanc ; un courant d'eau froide circule autour des extracteurs ; l'opération demande environ 48 heures. On obtient ainsi une solution sucrée fortement alcaline qu'on soumet à la double carbonatation. On sépare le carbonate de strontiane par les filtres-presses.

Les tourteaux de carbonate de strontiane sont mélangés à de la sciure de bois, moulés en briquettes et introduits dans des fours de régénération où ils sont décomposés en strontiane et acide carbonique qui sert à la carbonatation.

Les eaux-mères des sucettes sont, après cristallisation, additionnées de carbonate de soude, carbonatées à fond et filtrées ; le liquide qui s'écoule est traité dans des fours à potasse pour donner un salin. Le carbonate de strontiane restant dans les filtres est transformé en briquettes et calciné dans le four de régénération.

La strontiane sortant du four sert à préparer un lait à 30 % qui fournit par cristallisation de l'hydrate de strontiane ; on obtient aussi une certaine quantité de liqueur à 10 % qui sert à la préparation du sucrate.

Au lieu de décomposer le sucrate bibasique par refroidissement, on trouve avantage à le soumettre directement à la carbonatation.

Procédé au sucrate monobasique. — On prépare à chaud une solution de strontiane contenant 1 de strontiane pour 3 d'eau, puis on mélange peu à peu la mélasse ; la température s'abaisse rapidement et le saccharate monobasique se forme ; au moyen d'un réfrigérant on refroidit la masse jusque vers 15-20°. On doit employer un excès de strontiane ; on emploie 4 parties de strontiane pour 1 partie de sucre contenu dans la mélasse.

Lorsque l'opération est terminée, on passe aux filtres-presses la masse qui, après avoir été solide, est devenue liquide et épaisse par agitation. Les tourteaux de sucrate monobasique sont lavés à l'eau froide, ils servent ensuite à faire un lait à 25° B. qui subit deux carbonatations, la deuxième étant poussée à fond.

Le carbonate de strontiane est calciné dans les fours à régénérer comme dans le procédé au bisaccharate.

Les eaux de lavage du sucrate sont reprises pour en extraire le sucre qu'elles contiennent. A cet effet, on les porte à l'ébullition, puis on y

Digitized by Google

ajoute un excès d'hydrate de strontiane afin de former du sucrate bibasique qui est renvoyé aux bacs de préparation du sucrate monobasique où il se transforme lui-même en sucrate monobasique par abaissement de température.

La perte en sucre, dans l'un ou l'autre des procédés à la strontiane est de 8 à 10 % du sucre contenu dans la mélasse.

Procédé à la baryte. — Ce procédé imaginé vers 1840 par MM. Dubrunfaut et Leplay a été appliqué vers cette époque, puis abandonné. En 1884 il a été repris et appliqué à la sucraterie de Ribécourt où il a fonctionné pendant quatre ou cinq années, jusqu'au moment où l'impôt établi sur le sucre extrait des mélasses étouffa la nouvelle industrie peu de temps après sa naissance.

Pour extraire le sucre, on mélange avec la mélasse une solution chaude de baryte, dans la proportion de 1 molécule de baryte pour 1 molécule de sucre. Il se forme, à l'ébullition, un précipité grenu de sucrate de baryte qu'on sépare de l'eau-mère au moyen des sucettes (nutsch) semblables à celles qu'on emploie dans le procédé à la strontiane. Le sucrate est lavé à l'eau bouillante, puis décomposé par l'acide carbonique, comme dans les autres procédés. Les eaux-mères sont également carbonatées pour en extraire la baryte qu'elles contiennent.

La révivification de la baryte s'opère en chauffant vers 1600°-1700° le carbonate de baryte dans des fours spéciaux (four Radot, four Hovine).

Le procédé à la baryte est incontestablement le plus simple de tous et il procure une extraction presque totale du sucre des mélasses. Mais la température élevée nécessaire à la décomposition du carbonate de baryte amène une attaque rapide des matériaux réfractaires des fours et par suite une perte de baryte considérable à l'état de silicate et d'aluminate.

Digitized by Google

DEUXIÈME PARTIE

CONTROLE DU TRAVAIL DE LA FABRICATION EN SUCRERIE DE BETTERAVES ET EN SUCRERIE DE CANNES

AVANT-PROPOS

Le chimiste de sucrerie a une double tâche à remplir. Son rôle consiste d'une part à surveiller la fabrication du sucre au point de vue chimique, c'est-à-dire à déceler la raison et les causes des dérangements qui peuvent survenir au cours de cette fabrication ; d'autre part, il lui reste encore à surveiller la valeur des pertes en sucre, à les grouper, à les chiffrer, de manière à ce qu'il soit possible de les limiter ou même d'en empêcher le retour.

Pour répondre à ces conditions diverses de sa raison d'être, le chimiste doit posséder une habileté professionnelle qui lui permette de mener à bien les analyses qu'il sera de son devoir d'effectuer ; et de plus, il est à peine nécessaire de le dire, il saura toujours agir avec une conscience parfaite, tant de l'utilité de sa fonction, que de la sincérité des renseignements qu'il donne.

C'est pour le seconder dans l'accomplissement de sa tâche, souvent assez compliquée, que nous avons écrit ce modeste travail, heureux si, l'ayant entrepris et mené à sa fin, nous avons atteint notre but.

12 mai 1912.

G. Labbé.

Digitized by Google

CHAPITRE PREMIER

—

DES APPAREILS SERVANT DANS UN LABORATOIRE DE SUCRERIE. DESCRIPTION — USAGE

BALANCES

De tous les instruments du Laboratoire, le plus précis, le plus utile est la balance. Les modèles diffèrent plus ou moins suivant les constructeurs. La balance de précision doit pouvoir peser 100 ou 200 gr. à un milligramme au moins, et plus communément au demi-milligramme à pleine charge. Quant au 1/10e de milligramme, il se rencontre rarement dans les balances de travail ordinaire ; et pour le travail courant, disons qu'il n'est pas nécessaire.

Indépendamment de la balance de précision, il est utile de posséder quelques trébuchets sensibles au moins au centigramme ; une balance de Roberval pouvant peser 5 à 10 kg. à un gramme près ; et une plus petite balance du même genre, ou mieux du système Testut, pouvant peser le kg. à un demi-gramme près.

Balance de précision. — Elle se compose d'une tige horizontale ou fléau, mobile autour d'un axe placé à son centre ; cet axe est formé par un couteau reposant sur un plan d'agate ou d'acier ; les deux parties égales du fléau qui se trouvent à droite et à gauche de l'axe de suspension s'appellent les bras du fléau ; à leurs extrémités sont suspendus des plateaux destinés à recevoir les corps à peser et les poids.

Conditions de justesse. — Une balance est juste quand le fléau

Digitized by Google

est en équilibre, les deux plateaux étant vides ou chargés de poids égaux.

Rappelons brièvement que cela exige : 1° que le centre de gravité de la partie mobile formée par le système du fléau et des plateaux qui y sont suspendus soit sur la verticale du point de suspension, quand le fléau est horizontal ;

2° Que les deux bras du fléau soient indéformables et rigoureusement égaux ;

3° Que le point de suspension, c'est-à-dire l'arête du couteau du fléau, soit au-dessus du centre de gravité du système que forme la partie mobile.

Cette dernière condition est celle que nous appellerons condition d'usage. Si le point de suspension coïncide avec le centre de gravité, la balance est folle, c'est-à-dire que le fléau ne revient pas de lui-même à la position horizontale. Si le point de suspension était plus bas que le centre de gravité, le fléau serait en équilibre instable, car dès que le centre de gravité sortirait de la verticale, le système entier se retournerait en replaçant dès lors le centre de gravité au-dessous du point de suspension. Donc, plus le centre de gravité se rapproche du point de suspension de bas en haut, plus la balance est sensible, et plus ses oscillations sont lentes ; et la limite est dans la coïncidence du centre de gravité et du point de suspension.

Une balance est d'autant moins sensible qu'elle est plus chargée, parce que plus les charges sont lourdes, plus elles écartent le centre de gravité du système qui forme la partie mobile, de l'arête du couteau ou point de suspension. Très souvent, les fléaux des balances portent en leur milieu un bouton mobile moleté et fileté en son centre en manière d'écrou ; de sorte que, en la faisant tourner, cette petite masse puisse monter ou descendre sur une tige *ad hoc*, également filetée, placée au-dessus du fléau, sur la verticale du centre de gravité et du point de suspension du système considéré horizontal. On comprend aisément comment la manœuvre de ce bouton mobile permet de régler la sensibilité de la balance, le centre de gravité de tout le système mobile, fléau, plateaux, bouton moleté et sa tige, s'éloignant ou se rapprochant du

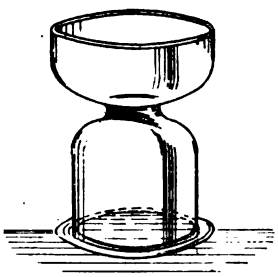


Fig. 242.

Digitized by Google

point de suspension selon que l'on fait monter ou descendre le dit bouton moleté. La balance est généralement placée dans une cage de verre qui l'abrite des courants d'air pendant les pesées et en même temps contribue à sa conservation, en la soustrayant à l'action des poussières, des gaz et vapeurs oxydantes. On place dans cette cage un flacon spécial (fig. 242) contenant du chlorure de calcium pour dessécher l'air qui y est contenu.

La balance est supportée par trois ou quatre vis calantes qui permettent de placer les arêtes des 3 couteaux dans un plan horizontal ; pour cela, on se sert du niveau à bulle d'air qui fait le plus souvent partie intégrante de l'appareil.

Manière de faire les pesées. — La méthode de faire une pesée est la suivante :

Placer le corps à peser sur l'un des plateaux de la balance et faire équilibre avec des poids qui donneront de suite le poids du corps.

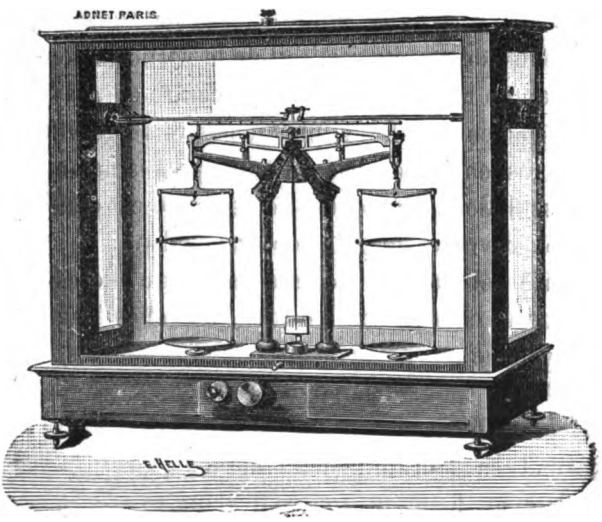


Fig. 243.

Mais cette méthode nécessite une balance rigoureusement juste. Pour peu que l'on use de la balance de précision, on ne tarde pas à reconnaître qu'il est rare qu'un tel appareil soit juste, ou du moins se conserve tel, cela se conçoit du reste facilement. Aussi certaines balances portent encore à l'une des extrémités du fléau une tige filetée horizontale, sur laquelle se meut un petit bouton moleté qui, placé à l'endroit voulu, assure la justesse de l'instrument. Mais, il est facile d'opérer d'une manière très exacte avec une balance de précision,

Digitized by Google

même si elle n'est pas juste, il suffit seulement alors qu'elle soit sensible. C'est en se servant de la méthode des doubles pesées de Borda, physicien français, que l'on arrive au résultat cherché.

Méthode des doubles pésées de Borda. — On place sur un des plateaux le corps à peser, on fait équilibre avec ce qu'on appelle une tare, composée généralement de grenaille de plomb et de petits morceaux de liège secs placés dans un flacon spécial en verre léger (fig. 244). Cela fait on retire le corps à peser, et on le rem-

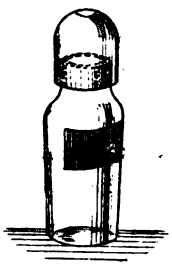


Fig. 244.

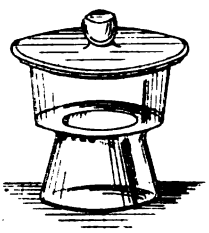


Fig. 245.

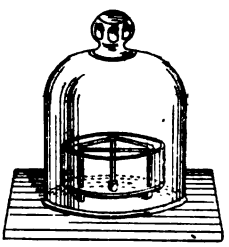


Fig. 246.

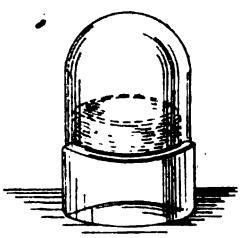


Fig. 247.

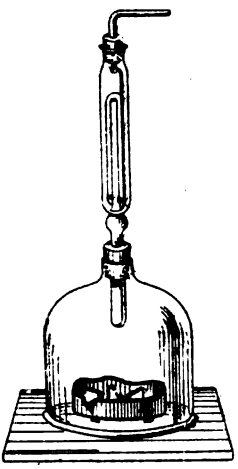


Fig. 248.

place par des poids marqués jusqu'à nouvelle obtention de l'équilibre. Le chiffre donné par ces poids marqués représente exactement le poids du corps que l'on s'était proposé de peser. En analyse, il ne faut jamais peser autrement que par cette méthode.

Voici maintenant quelques détails pratiques. Les pesées se font le plus souvent dans des capsules de platine, cuivre, nickel, porcelaine, ou verres de montre, etc. On établit pour chacun de ces récipients une

Digitized by Google

tare correspondante numérotée, dont le numéro est répété sur chacune des capsules ou verre de montre.

On équilibre ainsi généralement non seulement le poids du récipient, mais encore une surcharge de quelques grammes, 5 gr. ou 5 gr. 700 (nous préférons 5 gr. 700).

Si alors on veut peser 5 gr. d'une matière, il suffit de mettre la tare de la capsule sur le plateau de gauche de la balance, ensuite la capsule plus 0 gr. 700, placés à côté, sur le plateau de droite (si on a adopté des tares à 5 gr. 700) et enfin de mettre une certaine quantité de cette matière dans la capsule, jusqu'à ce que l'équilibre soit établi.

Les capsules changeant souvent de poids sous l'influence des nettoyages, du feu, et des corps qu'on y incinère ; il est indispensable de vérifier la tare et de la rectifier avant de peser une matière en vue d'analyse. On peut, ou modifier la tare en ajoutant ou retranchant dans le flacon quelque fragments de liège ; ou mieux encore, en laissant la tare constante, et ajoutant ou retranchant à côté de la capsule, les quelques milligrammes en moins ou en plus des 5 gr. 700 nécessaires pour rétablir l'équilibre.

Il ne faut jamais peser une capsule quand elle est encore chaude, car on trouverait un poids trop faible, parce qu'elle ne représenterait pas le même état hygrométique de surface que lorsqu'elle était à la température du laboratoire ; et encore parce qu'en échauffant l'air ambiant qui l'entoure immédiatement, et le dilatant, cet air ne produirait pas sur la capsule le même effet qu'à la température ordinaire, au point de vue pondéral. Le mieux est au sortir du fourneau à moufle ou de l'étuve, de placer la capsule dans un exsiccateur de Scheibler (fig. 245) ou à cloche (fig. 246) ou de Frésénius (fig. 247). Dans le 1er on met plutôt du chlorure de calcium. Dans le 2e à volonté du chlorure de calcium ou de l'acide sulfurique. Dans le 3e de l'acide sulfurique. Enfin la figure 248 représente l'exsiccateur de Schrotter, avec tube de sûreté à acide sulfurique, destiné à ne laisser pénétrer sous la cloche que de l'air sec.

Quel que soit l'exsiccateur, la précaution que nous préconisons est indispensable. Quand on place un objet quelconque sur les plateaux d'une balance de précision, il faut toujours que la balance soit « fermée », c'est-à-dire que la fourchette qui soutient le fléau au repos et le soulève, de manière à ce que l'arête des couteaux ne repose

Digitized by Google

plus sur les plans d'agate, soit dans la position de ce relèvement ; sinon les chocs produits par le déplacement des objets à peser et des poids risqueraient de détériorer à la longue le tranchant des couteaux, qui forment les points de suspension des plateaux et du fléau.

Une manette, ou un bouton moleté, placé extérieurement à la cage de la balance, permettent la manœuvre de la fourchette de relèvement. Lorsque l'on pèse, il faut exécuter cette manœuvre avec douceur, sans chocs et sans à coups. Le mieux est d'amener tout doucement les couteaux en contact avec les plans d'agate ; puis ce 1er temps exécuté, de faire descendre la fourchette d'un seul mouvement pas trop brusque. Avec un peu d'habitude on se familiarise rapidement avec une balance de précision selon sa construction. Il est essentiel d'arrêter les oscillations des plateaux : certaines balances portent à cet effet des amortisseurs, qui se manœuvrent soit à part, soit par le même mouvement qui fait monter ou descendre la fourchette de repos. On devra aussi fermer les portes de la cage de la balance, afin d'éviter les courants d'air sur les plateaux.

Vérification de la sensibilité d'une balance. — Pour cela, on charge les plateaux des poids limite de charge. Cette limite est indiquée en France par une plaque gravée apposée sur la balance. On équilibre, puis on ajoute d'un côté 1 mmg. Si l'équilibre est rompu, on retire le mmg. et on met 1/2 mmg. etc., si le demi-mmg. rompt encore l'équilibre, on le remplace par 1/10e de mmg. etc. Si par exemple l'équilibre est rompu par le 1/2 mmg. et non par le 1/10e, la balance n'est sensible qu'au 1/2 mmg.

Balance à cavaliers. — Une modification qui permet de peser plus rapidement est la suivante :

Le fléau porte une barre divisée de chaque côté du point de suspension en dix parties égales, la dixième se trouvant juste au-dessous du point de suspension des plateaux. Un petit fil de platine qu'on appelle cavalier et présentant la forme d'un anneau terminé par deux petits bras peut être placé sur une des divisions de la tige : ce cavalier pèse 10 mmg. ; placé à la division 10 il produira l'effet de 10 mmg. posés sur le plateau correspondant ; placé à la division 1 il produira l'effet de 1 mmg., à la division 2 de 2 mmg., etc.

Une tige mobile horizontalement passe dans la cage de la balance, elle permet de soulever le cavalier et de le placer où l'on désire.

Cette modification évite le maniement des poids de 1 mmg.,

Digitized by Google

2 mmg., 5 mmg. ; elle permet de plus, une fois arrivé en pesant à 10 mmg. près, de terminer avec les portes de la balance fermées ; elle est indispensable pour des balances qui pèsent à 1/10 de mmg. près.

La balance représentée par la fig. 243 est une balance à cavalier.

Balance à chaîne. — Un autre dispositif permet des pesées plus rapides encore. En un point du fléau situé à droite du point de suspension de ce fléau, et sur une ligne allant de ce point au point de suspension des plateaux, à peu de distance du milieu du fléau, est fixée par un anneau biseauté, engagé dans la tête d'une sorte de vis à crochet A, une petite chaînette (voir fig. 249). La longueur et par suite le poids de cette chaînette sont calculés.

L'autre extrémité libre de la chaînette est accrochée au crochet

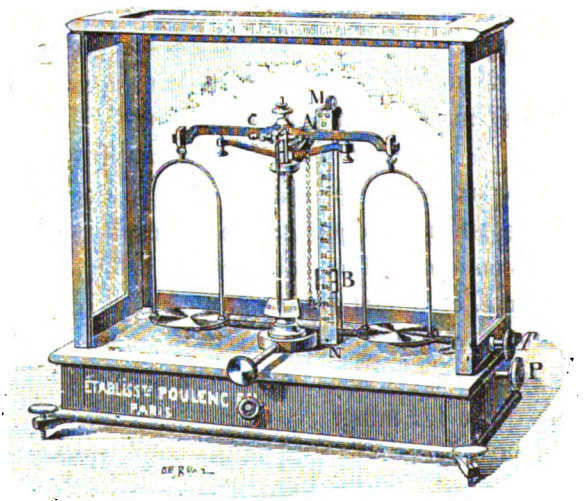


Fig. 249. — Balance à chaîne.

d'un curseur mobile B, qui grâce à un système de poulies mues par un bouton P situé à l'extérieur de la cage de la balance, et à droite de cette cage, peut se mouvoir tout au long d'une règle métallique verticale MN graduée en 100 divisions, correspondant chacune à 1 mmg.

La partie gauche du fléau porte une vis à grosse tête C, symétriquement placée par rapport à la vis A, formant contrepoids, et équilibrant le poids de la chaînette lorsque le curseur mobile est arrêté au zéro.

Par la suite, si l'on vient à abaisser le curseur, à la longueur de

Digitized by Google

chaîne déjà suspendue au bras droit du fléau s'ajoute le poids d'une nouvelle longueur de chaîne proportionnelle à la quantité dont le curseur s'est abaissé.

Si l'on descend le curseur au point 100, la longueur de chaîne ajoutée représente une force dont le point d'application est toujours en A, et dont l'effet se traduit sur ce côté de la balance exactement comme si l'on avait placé un décigramme dans le plateau de droite de la balance.

Par conséquent, chaque division de la règle graduée verticale représente 1 mmg. ajouté dans ce même plateau de droite. Pour vérifier le tout, le curseur étant au point O, l'équilibre doit exister.

Plaçant alors un poids de 1 décigramme dans le plateau de gauche, et abaissant le curseur à la division 100, l'équilibre doit encore exister. En cas contraire, on fait avancer légèrement la vis C jusqu'au rétablissement de l'équilibre.

Cette dernière vis C est justement disposée de telle sorte que son avance ou son recul corresponde à une augmentation ou à une diminution du poids du bras gauche du fléau.

On arrive donc ainsi à équilibrer exactement le poids de la chaîne, le curseur étant au point 100, pour une valeur correspondante exactement à 1 décigramme. Une telle balance permet d'achever les pesées les portes étant fermées.

Balances à pesées rapides. — Malgré ces perfectionnements, la rapidité de l'opération dépend en réalité uniquement de la longueur des bras du fléau, du rapprochement plus ou moins grand du centre de gravité de l'axe de suspension du système mobile, etc., et les pesées à la balance sensible sont d'autant plus longues que l'instrument est plus parfait, c'est-à-dire plus sensible.

Pour réaliser ces conditions on a cherché à construire des balances à fléau très court, à oscillations réduites, et on a adjoint aux balances des appareils optiques, comme l'ont fait MM. Collot et Curie.

Nous nous limiterons à une seule description de ces appareils.

Nous empruntons au premier la description de son dispositif.

« Cet appareil de *projection lumineuse* adapté à une balance de précision, permet d'obtenir des pesées très rapides : pour une même approximation, la vitesse d'oscillation devient cinq ou six fois plus grande et, par la méthode employée, les derniers centigrammes, les milligrammes et leurs fractions s'apprécient directement avec *contrôle immédiat.*

Digitized by Google

Il est *absolument indépendant des organes de la balance*, c'est-à-dire du fléau, des crochets et des étriers, ce qui est indispensable pour obtenir un bon fonctionnement et un bon résultat sur la régularité et la sincérité desquels l'opérateur puisse compter.

Etant indépendant de la balance, cet appareil possède encore le grand avantage de pouvoir se placer très facilement sur *les balances de précision déjà existantes dans les laboratoires.*

La modification apportée à la balance consiste à déplacer le centre de gravité du fléau, de façon à diminuer la sensibilité et, par suite, à obtenir une vitesse beaucoup plus grande ; puis, par des moyens optiques, on augmente considérablement l'amplitude des oscillations. Au lieu d'obtenir une image amplifiée virtuelle de ces oscillations en regardant dans un microscope, ce qui serait fatigant pour l'opérateur, cette image est projetée sur un écran divisé formant cadran ; la lecture se fait alors très facilement et sans efforts, la division étant vue par transparence.

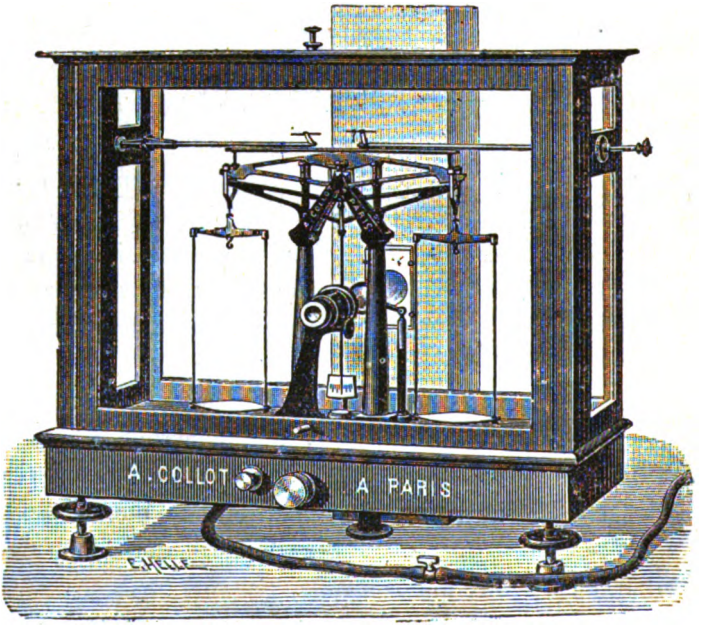


Fig. 250. — Balance à projection lumineuse Collot et Curie.

Description de l'appareil. — L'appareil est formé d'un petit objectif achromatique A, qui termine le corps d'un microscope B, dans lequel se trouve l'écran divisé C, qui reçoit l'image amplifiée du réticule *a* fixé sur l'aiguille. Sur le réticule *a* sont projetés les rayons, condensés au moyen d'une forte loupe D, qui proviennent d'une source lumineuse quelconque E.

Digitized by Google

placée derrière la balance. En avant de l'écran divisé C se trouve une lentille E qui grossit les divisions de cet écran et sert en même temps de réflecteur pour les éclairer du côté où elles sont vues. La mise au point se fait au moyen d'un pignon c et d'une crémaillère D (fig. 251).

La source lumineuse actuellement employée consiste : soit en une lampe à gaz, soit une petite lampe électrique, avec réflecteur.

Dans le cas le plus ordinaire d'un bec de gaz, il est placé dans une boîte en noyer, pour éviter toute projection de chaleur sur la balance : ce bec, ainsi isolé, *n'est allumé que pendant une ou deux minutes au maximum à la fin de chaque pesée :* aussi, en fixant un thermomètre dans la cage, on constate qu'il ne se produit aucune variation, même très faible, de température.

Un robinet placé sur la conduite de caoutchouc qui alimente le bec de gaz se trouve près de l'opérateur (voir la figure 250) et est réglé de façon

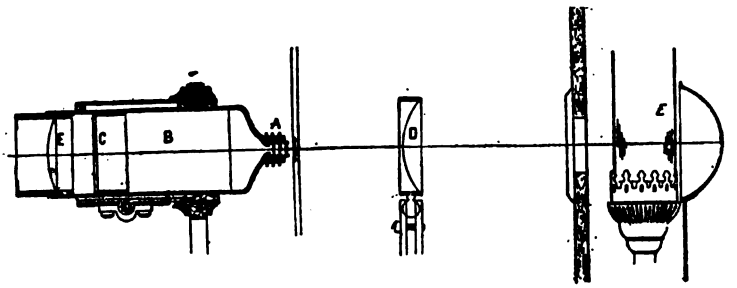


Fig. 251. — Principe de la balance Collot et Curie à projection lumineuse.

que, dans l'une de ses positions extrêmes, sans éteindre le bec de gaz complètement, il l'établit en veilleuse.

Pour une lampe électrique, ce robinet est remplacé par un commutateur, qui permet également de n'obtenir la lumière qu'au moment déterminé.

Installation de l'appareil. — La balance étant montée et prête à fonctionner comme balance ordinaire, il faut :

1° Installer derrière la balance et dans l'intérieur de son enveloppe en bois le bec de gaz avec son réflecteur en réglant sa hauteur de façon que le centre du réflecteur corresponde au centre de l'appareil de projection proprement dit et que l'orifice de la boîte se trouve bien au milieu de la longueur de la cage; puis, le réunir à la conduite de gaz par un tube en caoutchouc sur lequel on interpose, à portée de l'opérateur, le robinet régleur ;

2° Placer la loupe condensatrice de lumière derrière les deux colonnes de la balance, son centre correspondant, comme hauteur, à celui de l'appa-

Digitized by Google

reil de projection et la promener avec la main, le gaz étant allumé, jusqu'à ce que le cadran intérieur obtienne son éclairage maximum ;

3° Tourner lentement et avec précaution le pignon de l'appareil de projection pour mettre au point l'image du réticule sur le cadran éclairé. Si la balance est légèrement déréglée et que l'aiguille possède un petit mouvement, lors de la mise en marche : la mise au point se fait lorsque les trois couteaux reposent sur les trois plans, la balance étant prête à osciller ;

4° Dans le cas où l'image du réticule ne correspond pas très exactement au trait milieu du cadran et que l'on désire l'y ramener, il suffit de desserrer l'un des boutons en cuivre verni qui règlent le mouvement latéral de l'appareil et de serrer l'autre en même temps. (Dans les petits modèles, ne pas exercer un fort serrage qui empêcherait le bras de la balance de descendre librement).

Fonctionnement de la balance. Exécution d'une pesée. — Pour exécuter une pesée, le gaz étant établi en veilleuse, on procède comme pour une balance ordinaire, jusqu'à ce que l'extrémité de l'aiguille ne sorte plus

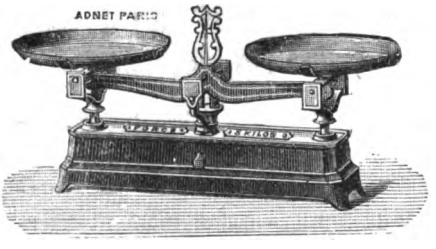


Fig. 252.

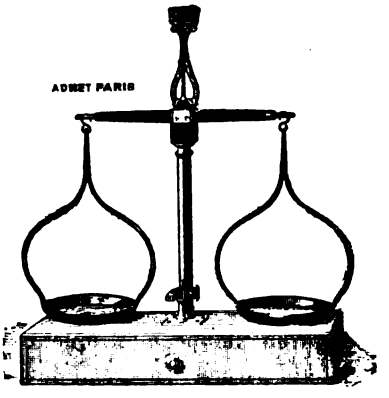


Fig. 253.

du cadran inférieur : on compte alors la différence des nombres des divisions faites par l'aiguille à droite et à gauche du zéro. Cette différence, multipliée par la valeur approchée, en milligrammes, de chaque division de ce cadran (valeur donnée avec l'instrument), donne immédiatement le nombre de centigrammes et de milligrammes qu'il faut ajouter aux poids déjà placés sur le plateau de la balance pour avoir l'équilibre, à une demi-division près du cadran inférieur.

La valeur de chaque division de ce cadran varie de 3 à 10 mmg., suivant que la balance accuse le dizième ou le demi-milligramme. Comme ce cadran comprend 10 divisions de chaque côté du trait-milieu, on appré-

Digitized by Google

cie ainsi sans tâtonnements les trois derniers centigrammes ou le dernier décigramme suivant la sensibilité.

A ce moment, on ferme les portes de la cage, pour éviter tout courant d'air; on ouvre le gaz au moyen du robinet régleur et l'on met la balance en marche en abaissant d'abord le bras, puis l'arrêt des plateaux; on lit alors la différence des divisions parcourues à gauche et à droite, sur le cadran lumineux, par l'image du réticule. Sur ce cadran, les images sont renversées; mais la pratique fait rapidement disparaître cette petite difficulté. Ce nombre de divisions indique le nombre des milligrammes et de fractions de milligrammes, dont il faut déplacer le cavalier sur sa règle, pour obtenir l'équilibre parfait, équilibre que l'on vérifie par une simple lecture. Chaque demi-division du cadran correspond, comme poids, à la sensibilité indiquée pour l'instrument.

Avec un peu d'habitude, une pesée exécutée suivant les indications précédentes s'effectue en un temps égal au 1/4 ou au 1/5e du temps moyen nécessaire avec une balance ordinaire.

Vérification des Poids. — Il est très utile de vérifier de temps en temps les poids dont on se sert: ou opérera pour cela de la manière suivante.

On place 1 gr. sur un des plateaux de la balance, on l'équilibre avec une tare; et on lui substitue l'ensemble des poids suivants: 0 gr. 500 + 0,200 + 0,100 + 0,100 + 0,050 + 0,020 + 0,010 + 0,010 + 0,005 + 0,002 + 0,002 + 0,001 — et l'équilibre doit encore exister.

On équilibre ensuite les deux poids de 2 gr. et de 1 gr., on les remplace par celui de 5, et on doit retrouver l'équilibre. Puis les poids de 10 gr. doivent pouvoir remplacer 1 poids de 5 gr., plus 2 poids de 2 et 1 de 1 gr., etc. On continuera ainsi.

Mais dans la première opération, deux différences égales et de sens contraire sur 2 petits poids ne se remarqueront pas; on fera bien d'équilibrer un poids de 2 mmg., de le remplacer par le 2e poids de 2 mmg., puis d'équilibrer 2 mmg. + 2 mmg. + 1 mmg. et de les remplacer par le poids de 5 mmg.; puis d'équilibrer 5 mmg. + deux fois 2 mmg. + 1 mmg.; et de les remplacer par un poids de 10 mmg. en continuant d'une façon semblable jusqu'au poids de 0 gr. 500.

Balances ordinaires. — Comme forte balance sensible à 1 gr. près on rencontre dans les laboratoires la balance de Roberval, ou encore

Digitized by Google

la balance Béranger, ou les balances Testut, plus sensibles. Nous ne citons ces balances fort connues que pour mémoire et nous nous bornerons à donner dans les figures 252 et 253 les types ordinaires de ces balances et trébuchets.

La figure 254 est un trébuchet sous cage assez usité.

Instruments accessoires des Pesées. — Ces objets qui sont les capsules, creusets, spatules, pèse-filtres, mains en nickel ou corne,

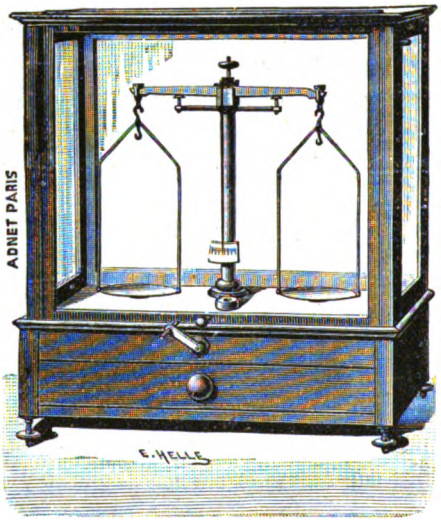


Fig. 254.

pinces brucelles, verres de montre, etc., dont tout laboratoire doit être pourvu sont employés dans la pratique courante.

Les capsules de platine (fig. 255). sont nécessaires pour les opérations où il est indispensable d'incinérer. Il faut les choisir assez grandes (1).

On les remplace souvent par des capsules de porcelaine, car l'incinération de certaines substances attaque le platine. Les capsules de nickel se détériorent rapidement au feu.

Elles ne servent guère que pour les dessiccations des sirops, égouts, mélasses, etc. ; encore ont-elles dans ce cas une forme spéciale dont nous reparlerons.

Les spatules sont en porcelaine, en verre, en laiton ou nickel, il en faut au moins une en platine.

(1) Ces capsules auront 50 mm. de diamètre au moins et environ 25 à 27 mm. de haut, elles pèsent dans les 20 à 23 gr.

Digitized by Google

Quant aux pinces brucelles, il en faut en acier, en laiton, etc.

Celles qui servent à manier les poids sont en maillechort et souvent garnies d'ivoire afin de garantir les poids contre les détériorations.

Fig. 255.

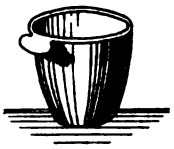
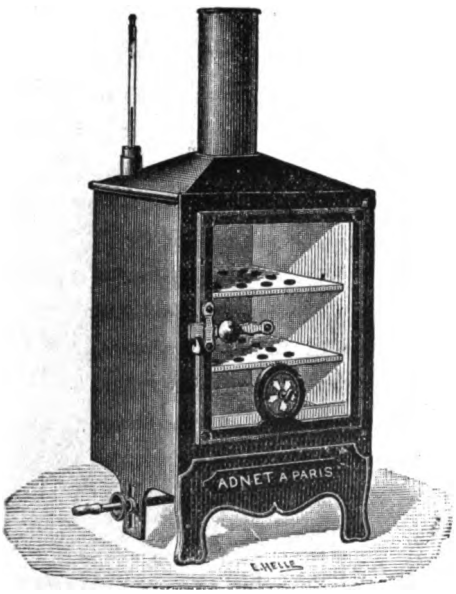


Fig. 256.

Fig. 257.

Il sera nécessaire aussi d'avoir quelques creusets dont 1 au moins en platine (fig. 256) de 5 à 6 cm. de haut ou plus, avec couvercle.

Enfin on devra se munir de 2 ou 4 grandes capsules en nickel à bec pouvant contenir dans les 200 à 250 cm³.



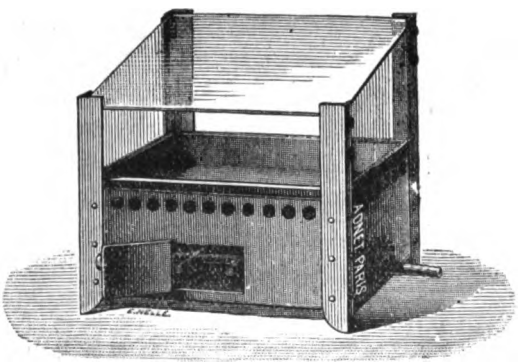


Fig. 258 et 259. — Étuves à air chaud, à bain de sable.

Ces capsules (fig. 257) serviront à la pesée des poids normaux simples ou multipliés des produits tels que sirops, égouts, mélasses, pulpes de betterave, etc., devant être analysés par le moyen du polarimètre, dont il sera question plus loin. Souvent, on ajoute à ces cap-

Digitized by Google

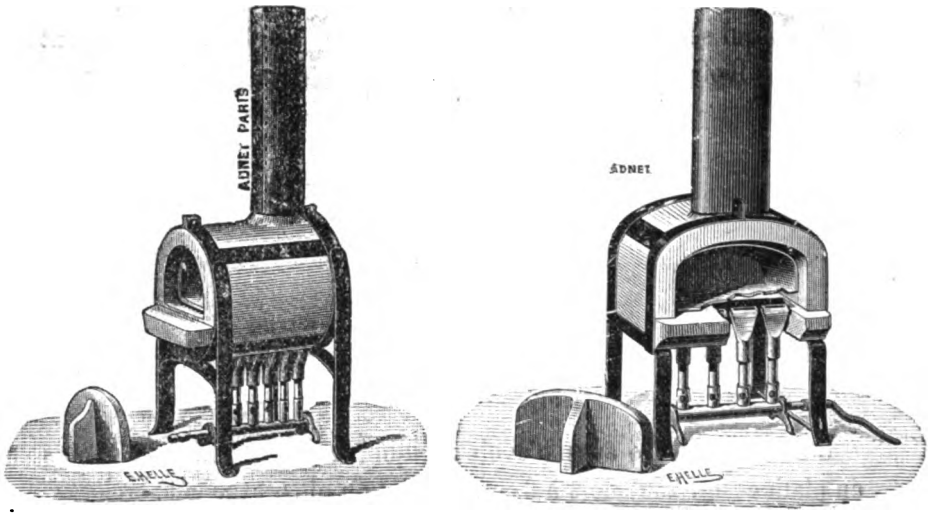


Fig. 260 et 261. — Fourneau à moufle d'Adnet.

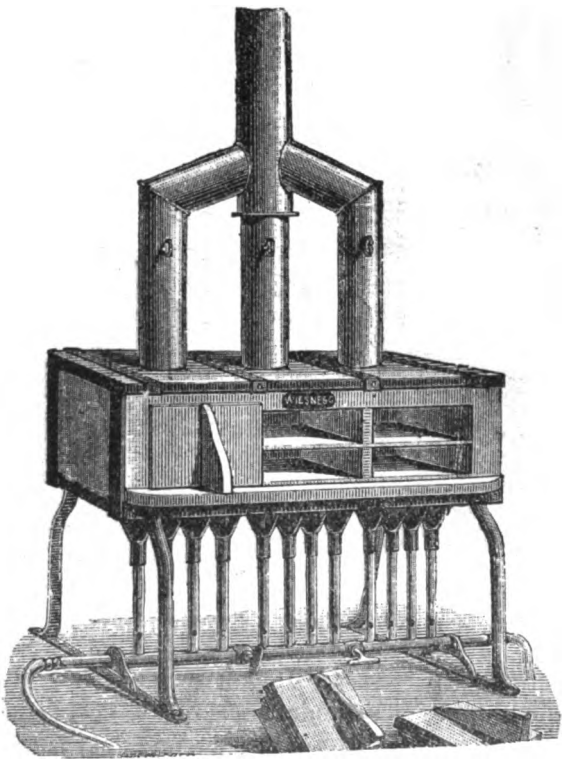


Fig. 262. — Fourneau à moufle de Courtonne.

Digitized by Google

sules un petit manche destiné à faciliter la manipulation, quand on doit dissoudre ce qui est dans la capsule avec de l'eau chaude. On peut ainsi tenir l'objet sans se brûler les doigts.

Parmi les autres appareils que l'on rencontre couramment dans un laboratoire de sucrerie, et qui comme la balance sont d'un usage général, il convient de citer :

L'étuve à air chaud de Wiessneg ou d'Adnet (fig. 258) à laquelle il convient d'adjoindre un régulateur de température de d'Arsonval ou de Schlœsing, ou tout autre; l'étuve bain de sable de Schlœsing; (fig. 259) ; les fourneaux à moufle pour incinérations, modèle en long (fig. n° 260), dit de raffineur, ou le modèle court (fig. 261), dit aussi fourneau en large. Parmi ces fourneaux citons encore le modèle de four à incinérations de Courtonne (fig. 262) assez pratique. Ces divers appareils n'ont pas besoin d'explications pour être compris.

DE LA PRISE DE LA DENSITÉ

Avant d'aller plus loin dans la description et l'usage des appareils de laboratoire usités en sucrerie, il est nécessaire de parler de la densité des corps.

La densité d'un corps est le rapport qui existe entre le poids d'un certain volume de ce corps et le poids d'un même volume d'eau distillée ; le corps étant à 0°, et l'eau à 4° C. Le poids spécifique, lui, représente le poids de l'unité de volume d'un corps.

En France, par suite de l'adoption du système métrique, le poids spécifique et la densité sont représentés par un même nombre. En effet, prenons le mercure par exemple; 1 cm³ de ce corps pèse 13 gr. 6, son poids spécifique est donc 13,6. Mais d'autre part, si 1 cm³ de mercure pèse 13 gr. 6, 1 cm³ d'eau pèse 1 gr.; la densité du mercure sera donc $\frac{13,6}{1} = 13,6$.

On voit d'après cela que pour déterminer une densité il semble nécessaire de se servir de la balance; il en est ainsi en réalité, mais cet instrument n'est pas le seul dont on puisse user pour cette détermination. Il en est d'autres, qui respectent d'ailleurs les mêmes relations physiques par l'intermédiaire de l'application du principe d'Archimède : Ce sont les aréomètres, dont les densimètres, les saccharomètres, les aréomètres Baumé, les alcoomètres, etc., ne sont tous que des cas particuliers.

Digitized by Google

Densité des solides. — *Méthode du flacon ou du Picnomètre.* — C'est la méthode en usage pour les essais de grande précision, et pour la détermination de la densité des corps solides. Le Picnomètre est un flacon bouché à l'émeri, le plus souvent par un bouchon creux terminé par une tige effilée, ne dépassant pas plus de 2 à 3 mm. de diamètre intérieur, à l'extérieur et au milieu de laquelle est marqué un trait de repère ou de jauge (fig. 263).

Pour faire un essai, on emplit le flacon d'eau distillée et on enfonce le bouchon creux, l'eau monte dans la tige effilée et avec un morceau de papier à filtrer, on fait en sorte de faire arriver l'eau juste au trait

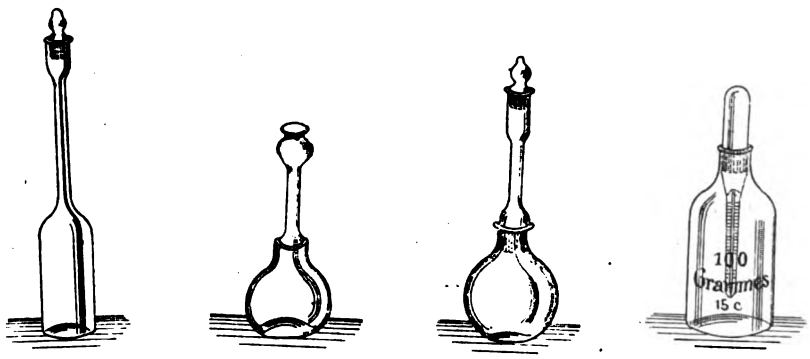


Fig. 263, *a*, *b*, *c*. Fig. 264.

de jauge ; on sèche bien l'extérieur du flacon et on le place sur un des plateaux de la balance à côté du corps en expérience.

Ajoutons que ce corps a été concassé de telle sorte qu'il puisse entrer par le gros goulot du flacon, le bouchon bien entendu étant enlevé. On tare le tout, puis on enlève le corps et on le remplace par des poids marqués, On a ainsi son poids P par la méthode des doubles pesées. On introduit ensuite le corps dans le flacon qu'on rebouche ; on réaffleure au trait de repère, et on sèche extérieurement le flacon que l'on porte de nouveau sur la balance. Pour rétablir l'équilibre, on doit alors ajouter un autre poids P′ qui représente le poids du volume d'eau déplacé par le corps immergé.

La densité est :

$$D = \frac{P}{P'}.$$

Si l'on veut déterminer la densité d'un corps soluble dans l'eau, le sucre par exemple, on prendra sa densité par rapport à un liquide dans lequel il est insoluble, l'essence de térébenthine, entre autres.

Digitized by Google

Soit $\frac{P}{P'}$ cette densité.

Puis nous établirons la densité de l'essence par rapport à l'eau.

Soit $\frac{P}{P''}$ cette nouvelle densité.

La densité du sucre alors par rapport à l'eau est :

$$\frac{P \times P'}{P' \times P''} = \frac{P}{P''}.$$

Mais il est nécessaire de faire en sorte que dans les deux expériences le poids P' d'essence de térébenthine soit le même.

Méthode de la balance hydrostatique. — Placer le corps sur un des plateaux de la balance et lui faire équilibre au moyen d'une tare ; enlever le corps et le remplacer par des poids marqués ; on a ainsi son poids P par la double pesée ; suspendre ensuite le susdit corps au crochet placé en dessous du plateau sur lequel il se trouvait et le plonger dans l'eau distillée. L'équilibre est rompu et le poids P' qu'il faut ajouter pour le rétablir exprime le poids de l'eau déplacée par le corps ; on a alors $D = \frac{P}{P'}$.

Méthode de l'aréomètre de Nicholson. — Nous renverrons pour cet appareil aux traités de physique, car il n'est guère employé dans les laboratoires de sucrerie.

Densité des liquides. — *Méthode du flacon.* — On emploie pour les liquides un Picnomètre un peu différent (fig. 263), c'est un petit flacon bouché à l'émeri, à col très étroit portant un trait de jauge; ou encore, car il faut tenir compte de la température, un flacon dont le bouchon à l'émeri (fig. 264) se termine par un petit thermomètre plongeant.

Pour faire un essai, on détermine le poids du flacon rempli d'eau distillée ; on a déterminé auparavant le poids du flacon sec et vide, et retranchant du premier poids le poids du flacon, sa tare, on a le volume de l'eau distillée à la température du milieu (donnée par le thermomètre, quand on se sert du flacon de la fig. 264). Soit P le poids de ce volume.

Si cette température est de 4° C. il n'y a aucun calcul à faire ; si elle est différente, on divise le nombre des grammes d'eau trouvé, par la densité de l'eau à cette température. Pour des essais très exacts il faut tenir compte du poids de l'air déplacé par le liquide. Pour

Digitized by Google

cela, on peut se contenter de retrancher 1/1000e du poids de l'eau. Vidant et séchant le flacon, on le remplira du liquide mis en expérience, et on opérera exactement comme pour l'eau, en agissant à la température de cette dernière, on aura P'.

La densité cherchée sera :

$$\frac{P}{P'} = D.$$

Méthode de la balance hydrostatique. — On peut encore déterminer la densité des liquides par la balance hydrostatique, mais nous ne parlerons que de la balance de Mohr, assez usitée en sucrerie, et qui n'est en somme qu'une balance hydrostatique.

La balance de Mohr, fig. 265, est composée d'un fléau qui repose sur

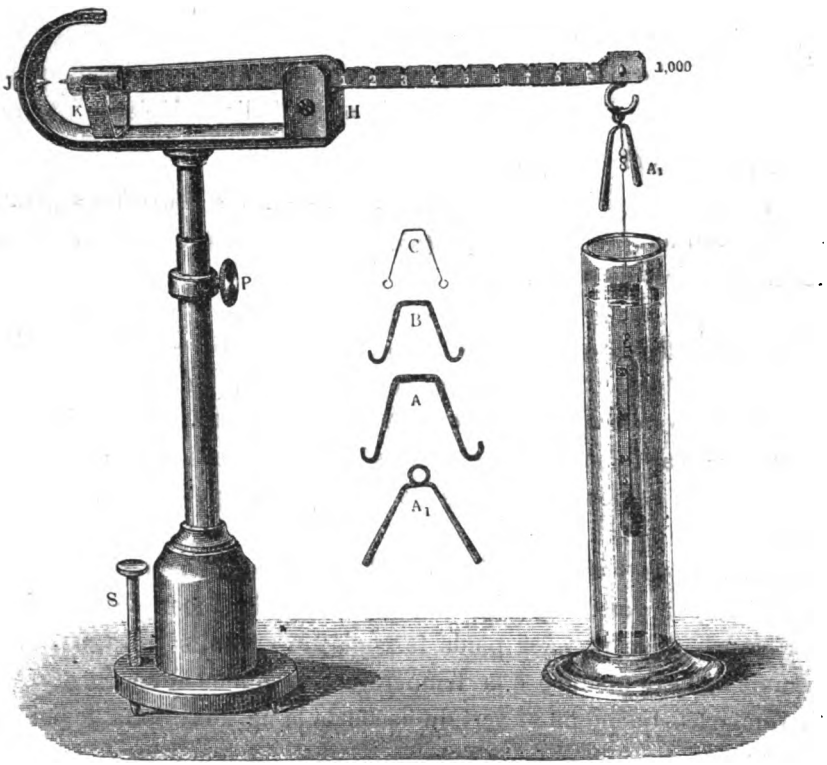


Fig. 265. — Balance de Mohr.

un couteau ; un des bras est divisé par des traits en dix parties égales, l'autre est terminé par un contre-poids muni d'un index qui correspond à un autre index fixe quand le pied de l'appareil est horizontal

Digitized by Google

et que le fléau ne supporte que le flotteur qui sera tout à l'heure plongé dans l'eau et le liquide en expérience.

L'appareil est supporté par une tige qui entre dans une gaine creuse et peut y être fixée en un point quelconque par une vis de pression. Le flotteur est muni d'un thermomètre qui indiquera la température des liquides à essayer. Si l'on fait plonger le flotteur dans l'eau l'équilibre est rompu ; on le rétablit en suspendant au crochet un poids destiné à cet usage et qui représente le poids de l'eau déplacée par le flotteur.

Faisons maintenant plonger le susdit flotteur dans un jus quelconque, du jus de betteraves par exemple, l'équilibre est de nouveau rompu.

Il se rétablira en plaçant convenablement sur les traits du bras gradué un certain nombre des poids ou cavaliers qui accompagnent l'instrument. Le premier de ces poids est égal à celui qui représente le poids de l'eau déplacée par le flotteur (poids pris pour unité); le 2e est égal à 1/10 de ce poids, le 3e à 1/100 de ce poids, et le 4e à 1/1000.

Si le flotteur avait été plongé dans un liquide moins dense que l'eau, le poids unité placé au crochet aurait dû être supprimé avant de placer les autres.

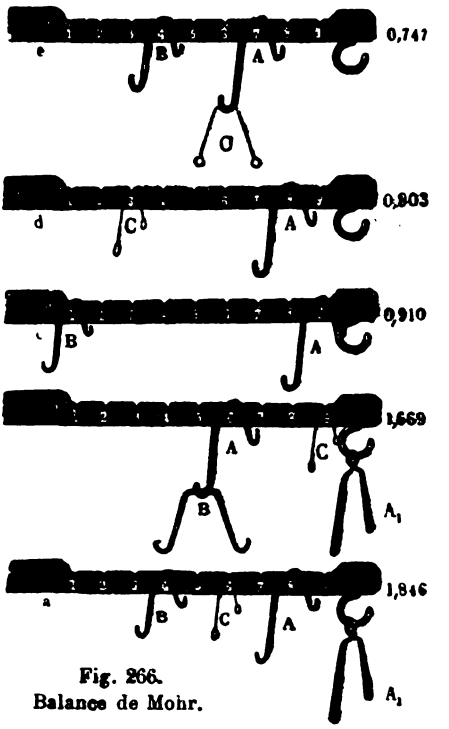


Fig. 266.
Balance de Mohr.

Mieux que de plus amples explications, la figure 266 fait comprendre comment, des poids étant placés et l'équilibre obtenu avec eux, on doit lire le chiffre qu'ils indiquent, et qui est la densité cherchée. La balance de Mohr, ou ses similaires, fournit des résultats qui diffèrent un peu de ceux obtenus par le moyen des densimètres. Ces derniers appareils donnent le poids du litre du liquide essayé, à la température de l'observation et rapporté au vide. Leurs indications sont exprimées en grammes par litre.

Digitized by Google

La balance de Mohr ne donne pas le poids spécifique, mais seulement le rapport qui existe entre un certain poids du liquide, et le poids du même volume d'eau à 15° C. pris dans l'air. Or, ce dernier chiffre est de 1000 à 4° C. pour l'unité de volume ; et il n'est plus que de 998,084 à 15 C. ; et les densités de Mohr sont alors dans le rapport $\frac{P}{998,084}$; cette dernière formule n'exprime pas encore le poids spécifique tel que le donne le densimètre. Il faudrait faire les corrections relatives à la perte de poids dans l'air pour le liquide et pour les poids employés.

DES ARÉOMÈTRES ET DENSIMÈTRES

Méthode des aréomètres à poids constant. — Nous passerons sous silence l'aréomètre de Fahrenheit, qui est à poids variable et à volume constant, car il n'est pas appliqué dans le laboratoire de la Sucrerie. Parmi les aréomètres à poids constant, il n'y a lieu de s'occuper que de l'aréomètre Baumé, des densimètres et des saccharomètres qui ne sont que des densimètres gradués en degrés de sucre, et de l'alcoomètre de Gay-Lussac.

Aréomètre de Baumé. — L'appareil est en verre, il se compose d'une boule lestée par du mercure ou de la grenaille de plomb, et reliée par une plus petite partie évidée à un réservoir d'air, appelé carène, et surmonté d'une tige graduée fermée à la lampe.

1° *Graduation des instruments pour liquides plus denses que l'eau.* — L'aréomètre s'appelle alors pèse-acides, pèse-sirops ou pèse-sels. Le trait supérieur marqué 0 affleure dans l'eau distillée à 4° C. ; le trait 15 affleure dans une dissolution de 15 parties de sel marin et de 85 d'eau. Entre le 0 et le trait 15, on porte 15 divisions égales et on en fait d'autres encore égales à celles-ci au-dessous du trait 15 : ce sont les degrés Baumé.

2° *Graduation des instruments pour liquides moins denses que l'eau.* — L'aréomètre s'appelle alors pèse-liqueurs. Le trait 10 affleure dans l'eau distillée à 4° C. ; et le trait 0 dans une solution de 10 parties de sel marin pour 90 d'eau.

10 divisions égales séparent le trait 0 du trait 10, et d'autres divisions égales à ces dernières sont marquées au-dessus du trait 10. Ce sont les degrés Baumé des liquides moins denses que l'eau.

Digitized by Google

Pour rapporter la division de l'aréomètre Baumé à celle du densimètre, on a établi les correspondances suivantes :

En outre du zéro Baumé représentant le poids spécifique 1000, qui est celui de l'eau distillée à 4° C.. le point 66° Baumé correspond, d'après Gay-Lussac, au poids spécifique 1,8427, qui est celui de l'acide sulfurique pur monohydraté à 15° C. Avec ces deux correspondances ou calcule, soit le degré Baumé répondant à une densité donnée, soit la densité qui correspond à un degré Baumé connu. Il existe des tables que nous donnons à la fin de cet ouvrage. Pour les liquides plus lourds que l'eau les formules sont :

$$g = \frac{144,32}{144,32 - n} \quad \text{et} \quad n = 144,32 - \frac{144,32}{g}.$$

Dans ces formules g est le poids spécifique, et n le degré de l'aréomètre Baumé correspondant.

Pour les liquides plus légers que l'eau, le poids spécifique $g = 1000$ correspond non plus à 0 mais à 10.

Et les formules deviennent (le poids 20 correspondant à 935,20 de densité) :

$$g = \frac{144,32}{134,32 + n} \quad \text{et} \quad n = \frac{144,32}{g} - 134,32.$$

Ces formules ont été adoptées par le laboratoire d'essais du Conservatoire des arts et métiers. Ce fait consacre presque officiellement les rapports établis par la coutume, entre la graduation purement arbitraire de Baumé, et la graduation en poids spécifiques qui est celle du densimètre.

Densimètres. — Ces instruments sont gradués de manière à donner la densité des liquides dans lesquels ils flottent. Ceux qui servent dans l'industrie donnent ce résultat par simple lecture du trait correspondant au point d'affleurement. Le trait 1000 correspond à l'affleurement dans l'eau distillée à 4° ; mais tous ne portent pas ce trait, car suivant que les densimètres doivent servir à un liquide ou à un autre, on construit des instruments gradués seulement d'une densité à une autre, par exemple de 1000 à 1030, de 1030 à 1070, de 1050 à 1080, etc.

En effet, les traits de la graduation devant, pour plus de sensibilité, être assez écartés, et la tige ne pouvant pas être d'une longueur démesurée, on établit des instruments séparés pour différentes gradua-

Digitized by Google

tions. Enfin, au lieu de marquer sur la tige le poids du litre en grammes, on ne marque que l'avant-dernier chiffre de ce nombre.

C'est ainsi que pour 1070 on écrit 7, pour 1100, on écrit 10, etc. : par convention ces derniers chiffres sont dits, les degrés densimétriques des liquides. Ordinairement, l'intervalle entre 2 degrés densimétriques est divisé en 10 parties égales, non chiffrées, qui sont les dixièmes de degrés densimétriques. Par suite, si dans un jus l'instrument affleure à 15° C. au trait 7,5, le degré densimétrique sera 7°5, et le poids du litre de ce jus 1075 gr.

Fig. 267. Densimètre thermo-correcteur Pellet.

Saccharomètres. — Ces instruments spécialement destinés à l'analyse des liquides sucrés indiquent soit la quantité de matières dissoutes dans 100 cm³ (saccharomètres Vivien et degrés Vivien, etc.), c'est-à-dire en volume ; soit la quantité de matières dissoutes dans 100 gr. (saccharomètres Brix, Balling, etc.), c'est-à-dire en poids ; en admettant d'autre part que ces matières agissent sur la densité du liquide comme le ferait du sucre pur.

Les saccharomètres peuvent porter deux graduations, l'une indiquant le poids spécifique ou la densité, l'autre les degrés saccharométriques correspondant aux densités. Chaque instrument peut être muni d'un thermomètre et d'une table de correction (fig. 267).

On voit combien ces instruments offrent de variétés.

Alcoomètre de Gay-Lussac. — Le trait inférieur 0 affleure dans l'eau à 15° C. et le trait supérieur 100 dans l'alcool absolu à cette même température ; la graduation est faite au moyen d'alcool et d'eau en proportions déterminées ; le trait 50 par exemple est obtenu par le point d'affleurement dans un liquide composé de 50 d'alcool pour 50 d'eau, le trait 90 dans un mélange de 90 d'alcool pour 10 d'eau ; les divisions ne sont pas égales et cela à cause de la contraction qui se produit quand on mélange les deux liquides : 60 cm³ d'alcool mélangés avec 50 cm³ d'eau ne donnent pas 100 cm³, de plus cette contraction varie avec les quantités mélangées.

Gay-Lussac a dressé une table de correction pour le cas où l'expé-

Digitized by Google

rience n'est pas faite à 15° C. ; on la trouvera dans cet ouvrage à l'analyse des mélasses par fermentation.

Corrections de températures pour les prises de densité. — Il faut naturellement dans les prises de densité tenir compte de la température à laquelle on opère ; cela s'explique par la définition elle-même de la densité. Nous ne parlerons ici que du cas de l'expérience faite avec des densimètres ; on voudra bien se reporter aux ouvrages de physique pour le cas où on opère soit par la balance hydrostatique, soit par la méthode du flacon, pour compléter ce que nous en avons déjà dit.

On se sert industriellement d'instruments gradués à la température de 15°, parce que la température ambiante est généralement voisine de celle-ci. Mais expliquons bien ce que cela veut dire :

La densité d'un corps, avons-nous dit, est le rapport entre le poids d'un certain volume de ce corps et le poids d'un égal volume d'eau distillée, le corps étant à 0° et l'eau à 4° C.

Ceci est la densité du corps à 0° ; elle ne sera pas la même à 15° par exemple parce que son volume varie avec la température et que la densité d'un corps est égale à son poids divisé par son volume.

Un densimètre rationnel doit donc marquer 1000 dans l'eau à 4° C., et non dans l'eau à 15°, seulement il indiquera la densité du corps à 15° comparée à l'eau à 4°.

En d'autres termes, les densimètres indiquent à 15° C. la masse en grammes, d'un litre de liquide. Plongés dans un liquide qui, à 15° C., aurait la même densité que l'eau pure à 4° C., ils indiquent 1000, bien que l'opération ait lieu à 15° C.

En pratique, lorsque le liquide n'est pas à 15°, on se sert d'une table de correction pour ramener à 15°. Cette table sera donnée au cours de cet ouvrage.

Les densimètres qui seuls doivent servir pour les transactions entre fabricants et cultivateurs sont gradués ainsi que nous l'avons indiqué et contrôlés par l'état.

Digitized by Google

CHAPITRE II

—

DES POLARIMÈTRES ET SACCHARIMÈTRES

Ainsi que nous l'avons vu, l'analyse des liquides sucrés serait une opération des plus simples, si ces liquides n'étaient composés que de solutions de sucre pur dans l'eau.

La densité d'une de ces solutions, prise avec un densimètre, et mieux encore avec le densimètre spécial gradué en degrés de sucre qu'est le saccharomètre dont nous avons parlé (Brix, Balling ou autre) donnerait fort rapidement le degré cherché. Mais les solutions sucrées de l'industrie sucrière contiennent plus ou moins, indépendamment du sucre pur, d'autres corps en dissolution ; des sels minéraux et des matières organiques, et l'ensemble de ces corps autres que le sucre, dénommés sous le terme général de non-sucre, influe sur la densité. Dès lors, cette densité ne correspond plus, dans une solution impure, au même taux déterminé de sucre qu'en solution pure de même poids spécifique ; et il devient nécessaire dans ce cas de rechercher la quantité de sucre existant dans la solution impure par d'autres procédés que ceux des aéromètres ou de la balance de Mohr.

Le polarimètre et le saccharimètre sont des instruments d'optique spéciaux répondant à ce besoin.

Polarisation. — La polarisation est le phénomène par lequel un rayon lumineux perd la propriété de se réfléchir dans certaines directions.

La polarisation peut être produite par différentes causes ; par réflexion, par réfraction simple, ou par double réfraction :

1° *Par réflexion.* — Un faisceau lumineux, n'ayant subi ni réflexion,

Digitized by Google

ni réfraction, rencontrant une lame de verre en formant avec celle-ci un angle d'incidence de 35°25′, sera polarisé par réflexion, c'est-à-dire, qu'il aura perdu la propriété de se réfléchir de nouveau, s'il vient à tomber, avec la même incidence, sur une lame de verre que l'on placerait perpendiculairement à la première : ce rayon est éteint. Ce rayon polarisé s'éteindra d'autant mieux que les deux lames de verre feront entre elles un angle plus petit que le droit, et tendront vers le parallélisme. Et le plan de polarisation d'un rayon lumineux est déterminé par le rayon incident et le rayon réfléchi. L'angle de 35°25′ est l'angle de polarisation pour le verre : pour d'autres corps il n'est pas le même.

2° *Polarisation par réfraction simple.* — Supposons que le faisceau lumineux n'ayant subi ni réflexion ni réfraction, traverse cette fois sous ce même angle de 35°25′ une pile de lames minces de verre à faces parallèles, ce rayon sera polarisé. En effet, si on le reçoit dans une seconde pile de lames de verre avec cette même inclinaison, sous un angle de 35°25′, on voit que quand le plan d'incidence et de réfraction, ou plan de polarisation dans la seconde pile, sera perpendiculaire au plan de polarisation de la première pile, il y aura extinction du rayon, et que pour toute autre position des plans de polarisation différente de la perpendiculaire ; le rayon polarisé s'éteindra d'autant moins que les deux plans de polarisation feront entre eux un angle plus faible que le droit et tendront vers le parallélisme.

3° *Polarisation par double réfraction.* — Plaçons maintenant sur le trajet de notre faisceau lumineux un rhomboèdre de spath d'Islande (carbonate de chaux cristallisé pur) de manière à ce qu'il soit traversé suivant sa section principale ; il émergera du spath d'Islande deux rayons polarisés : l'un, le rayon ordinaire suit les lois ordinaires connues de la réfraction ; l'autre, le rayon extraordinaire suit d'autres lois.

Au lieu du spath d'Islande, plaçons un prisme de Nicol, ce prisme est formé de deux moitiés d'un spath découpé suivant ses grandes diagonales, et soudé ensuite, dans la même position avec du baume de Canada, dont l'indice de réfraction est intermédiaire entre celui du rayon ordinaire et celui du rayon extraordinaire.

Dans ces conditions, nous n'aurons plus que le rayon extraordinaire qui traversera le prisme de Nicol, l'autre étant rejeté par une réflexion intérieure.

Digitized by Google

Il existe des variantes du prisme de Nicol. Dans le prisme de Foucault, une mince couche d'air est substituée au baume de Canada. M. Glan, faisant usage du même dispositif, découpe en plus les parties inclinées de manière à obtenir un prisme rectangulaire.

Dans tous les polarimètres et saccharimètres la partie essentielle comprend 2 prismes distincts ; l'un, le polariseur, transforme la lumière blanche ou autre en lumière polarisée ; l'autre, l'analyseur, permet de déterminer la valeur de la polarisation. Ces deux prismes sont le plus souvent de même nature, prismes de Nicol, de Sénarmont, de Foucault, de Savart, etc.

Polarisation rotatoire. — Si, entre les deux prismes de spath dont nous venons de parler, placés de telle manière que l'analyseur fasse disparaître le faisceau lumineux polarisé par le polariseur, nous plaçons maintenant une lame de quartz, taillée perpendiculairement à l'axe du cristal, le faisceau reparaîtra dans l'analyseur. Avec la lumière blanche, on obtiendra des rayons de différentes couleurs qui seront celles du spectre, pour lesquelles l'angle de polarisation ne sera pas le même, et sera d'autant plus grand que la couleur considérée sera plus réfrangible.

Avec la lumière salée, dite monochromatique, il n'y aura qu'une nuance.

Mais, pour obtenir de nouveau la disparition des rayons, nous voyons qu'il suffit de faire tourner sur lui-même le prisme analyseur.

La position que prendra ce prisme formera un certain angle par rapport à sa position première, et par conséquent par rapport à la position du prisme analyseur. Cet angle qui est l'angle dont le plan de polarisation a dû tourner, est encore l'angle de rotation.

D'après Biot, pour une lame de quartz de 1 m. d'épaisseur, l'angle de rotation serait de 21°40′ pour la lumière jaune salée ; de 17°30′ pour la lumière rouge ; de 44° pour la lumière violette. La rotation est proportionnelle à l'épaisseur de la lame de quartz.

Un grand nombre de corps possèdent un pouvoir rotatoire, et parmi eux les sucres.

Selon le sens dans lequel on a dû faire tourner l'analyseur sur lui-même, la déviation est droite ou gauche. Elle est droite si l'on a fait tourner l'analyseur dans le sens des aiguilles d'une montre. Elle est gauche dans le cas contraire.

Digitized by Google

Biot a trouvé qu'il existe des quartz dextrogyres et d'autres lévogyres, c'est-à-dire donnant sous la même épaisseur des déviations égales, mais de signes contraires. Cette propriété tient aux formes des cristaux.

Pouvoir rotatoire spécifique. — Le pouvoir rotatoire spécifique est égal à l'angle de rotation divisé par le produit de l'épaisseur de la lame et de la densité de la substance qui la compose.

Si l'on désigne par

α, l'angle de polarisation observé;

l, l'épaisseur en décimètre de la lame (pour le sucre et les corps observés la lame est une épaisseur de solution des susdits corps);

d, la densité de la solution;

p, le poids de la matière mise à dissoudre pour 100 gr. de solution; et

c, le poids de la matière mise à dissoudre pour 100 cm³ de solution, on a :

$$c = pd.$$

Avec cette notation, le pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]$ de la matière dissoute sera donné par la formule :

$$[\alpha] = \frac{100\alpha}{l.c}.$$

Comme $[\alpha]$ diffère, pour un même corps dissous, avec les propriétés de la lumière que l'on emploie, on note :

$[\alpha]_r$ pour la lumière rouge, $[\alpha]_D$ pour la lumière jaune salée monochromatique, $[\alpha]_j$ pour la lumière ordinaire dite teinte sensible.

Selon Tollens, et pour la saccharose ou sucre de canne

$$[\alpha]_D = 66,386 + 0,015035\ P - 0,0003986\ P^2,$$

dans laquelle P est le sucre pour 100 gr. de solution, soit :

$$[\alpha]_D = 66,5.$$

Dans tous les appareils, indépendamment des prismes, existe un système d'optique spécial adapté au polariseur, un autre adapté à l'analyseur, et entre les deux systèmes un espace vide dans lequel, sur un plan de bronze, se placent les tubes spéciaux ou cuvettes contenant les liquides actifs dont on doit déterminer le pouvoir rotatoire.

On appelle polarimètres les instruments à rotation directe du prisme analyseur autour de son axe. La graduation de ces appareils

Digitized by Google

est le plus souvent double, l'une en degrés d'arc, qui est d'un usage général, l'autre en degrés saccharimétriques pour l'analyse des matières sucrées ; ces appareils sont à lumière salée.

Les saccharimètres sont plus spécialement destinés à l'analyse des matières sucrées. Le prisme analyseur est fixe, et la rotation mesurée par le moyen d'un compensateur soleil, dont nous allons parler.

Il est impossible ici de décrire tous les modèles, nous renvoyons du reste pour cela le lecteur aux ouvrages spéciaux.

Et nous nous bornerons à la descriptions des modèles les plus usités en France du moins.

Saccharimètre Soleil. — Cet instrument se compose d'un polariseur, d'un tube mobile contenant la solution sucrée et d'un compensateur.

Le polariseur par lequel on fait passer d'abord les rayons lumineux provenant d'un bec de gaz ou d'une lampe est composé comme suit :

Une lentille convexe de Crown est soudée à un prisme de spath à double réfraction, le faisceau ordinaire est dévié et le faisceau extraordinaire arrive sur deux demi-disques de quartz [1] réunis de façon à diviser le faisceau lumineux en deux parties et à les dévier d'une même quantité à droite et à gauche. Ces rayons traversent ensuite la solution sucrée qui les dévie de nouveau ; ils arrivent alors sur le compensateur.

Celui-ci est composé d'une première lame de quartz qui compense au-delà l'effet produit par la solution sucrée d'une lame double constituée par deux prismes aigus qu'on a obtenus en sciant en biseau une lame de quartz taillée perpendiculairement à l'axe ; ces deux prismes peuvent glisser l'un sur l'autre, ce qui permet, vu leur forme, de faire varier l'épaisseur de la lame qu'ils composent ; on peut donc arriver à obtenir l'égalité de teinte.

La manœuvre d'un bouton produit ce glissement et une règle graduée munie d'un vernier indique le mouvement produit.

Avec une solution ne contenant pas de sucre, le repère marquera O sur l'échelle quand on aura deux demi-disques également éclairés, et 1 degré de cette échelle correspond à une solution de 0 gr. 1619 de sucre pur affleurée à 100°, le tube dans lequel on observe ayant 20 cm.

[1] Le bi-quartz Robiquet.

Digitized by Google

Une lunette de Galilée permet d'observer d'une manière plus nette.

Un quartz et un nicol placés entre l'observateur et l'analyseur permettent de choisir la teinte que l'on trouve la plus sensible.

Les pièces mobiles sur lesquelles l'opérateur doit agir sont ;

1° Le porte-oculaire contre lequel on applique l'œil et qu'on enfonce ou qu'on retire jusqu'à ce qu'on voit distinctement à travers le liquide ;

2° Le petit bouton fixé à droite sur le compensateur qui sert à régler l'instrument, c'est-à-dire à faire coïncider le zéro de l'échelle avec le 0 de l'indicateur :

3° Le grand bouton à axe vertical par lequel on rend uniforme la teinte observée ;

4° L'anneau molleté à l'aide duquel on donne à cette même teinte la couleur qui se prête le mieux à une évaluation précise.

5° Enfin la règle divisée sur laquelle on rend le nombre qui donne la richesse en sucre du liquide soumis à l'examen.

Saccharimètre à pénombre de Duboscq. — Cet instrument est basé sur l'obtention de l'égalité de teinte de deux demi-disques éclairés.

Ce résultat fut d'abord obtenu par le nicol spécial de M. Jellett ; M. Cornu utilisa ensuite ce nicol comme polariseur en employant la lumière jaune, et enfin M. Duboscq reprit le polariseur Soleil coupé comme le nicol de Jellett.

Nous ne nous étendrons pas plus sur cet instrument afin d'arriver au saccharimètre Laurent de beaucoup le plus répandu maintenant en France.

Saccharimètre Laurent à lumière jaune. — M. Laurent dans les appareils qu'il construit remplace les nicols Jellet et Cornu par un dispositif spécial. Devant le polariseur il place un diaphragme recouvert sur une moitié par une plaque de quartz de l'épaisseur d'une demi-onde. Le polariseur en tournant fait varier l'angle formé avec sa section principale et cette lame. Cette modification permet non seulement d'obtenir l'égalité de teinte, mais encore de faire varier l'éclairement.

Le saccharimètre et polarimètre Laurent grand modèle et son brûleur sont ainsi composés (fig. 268) :

A flammes monochromatiques jaunes : leur milieu est placé à 20 cm. de B.

Digitized by Google

B lentille éclairante, vissée sur le tube I.

I tube noirci, porte la lentille B et est vissé sur E.

E barillet, porte un diaphragme à petit trou, lequel reçoit une bonnette contenant un cristal de bichromate de potasse, destiné à rendre la flamme plus monochromatique. Quand les liquides sont jaunes (mais limpides), on ne met pas le bichromate. Il ne sert que lorsque les liqueurs sont incolores.

R tube portant le levier R, il entre dans P et porte un tube renfermant le polariseur et une lentille qui se dévisse.

P tube fixé sur la règle L.

D diaphragme recouvert sur une moitié par une plaque de quartz, que l'on vise avec la lunette de Galilée OH.

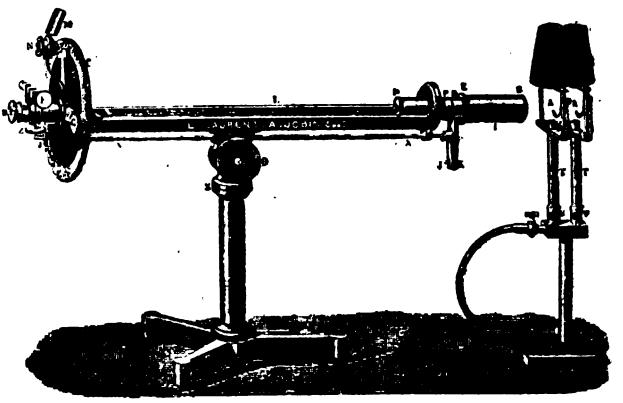


Fig. 268. — Saccharimètre Laurent à lumière jaune.

K levier fixé sur le tube polarisateur R et rendu mobile par la manivelle J.

J manivelle fixée sur la tige X.

X tige portant la manivelle J et le levier V.

V levier fixé sur X, fait tourner le polariseur par l'intermédiaire de J et K, afin de donner plus ou moins de lumière.

Si le liquide est peu coloré, le levier est levé jusqu'à l'arrêt. S'il est coloré, on baisse plus ou moins ce levier.

I règle en bronze en forme de V de 60 centimètres de longueur, rabotée et alésée.

G cadran portant les divisions et l'alidade. Il possède un mouvement angulaire.

F bouton de réglage, pour établir l'égalité de tons, lorsque le O du vernier coïncide avec celui de la division correspondante. Il pousse le tube H et un fort ressort antagoniste le ramène.

O bonnette du tube oculaire, mobile dans H, sert à mettre au point.

Digitized by Google

Le cadran porte deux divisions concentriques, celle intérieure qui correspond au vernier gauche est en centièmes de sucre, le vernier donne les dixièmes de division, c'est-à-dire les millièmes de sucre. La seconde division correspondant au vernier de droite est complète et en 360° (demi-degrés), le vernier donne des angles de rotation de 2 minutes (on apprécie la minute).

On se sert à volonté des tubes de 10, 20, 30, 40 et 50 cm. de longueur.

Le brûleur à gaz ou l'éolipyle étant allumé, on place l'appareil de manière que la bonnette B soit à 20 centimètres du milieu des flammes.

Le levier O étant levé jusqu'à son arrêt et le bouton molleté Q serré modérément, on dirige l'appareil vers la flamme A, aussi bien que possible ; on finira plus tard de déterminer exactement la direction.

Il n'est pas nécessaire dans cet instrument de commencer par un tube rempli d'eau.

On regarde à travers la loupe N, que l'on sort ou rentre, jusqu'à ce que l'on voie nettement les divisions.

Alors on ramène le O du vernier sur la 7° division environ, à droite ou à gauche du zéro de la division en centièmes de sucres (ou sur 1° et demi environ, si l'on agit avec la division en demi-degrés) et cela en tournant le bouton molleté G.

Ensuite on regarde à l'oculaire O et l'on a l'apparence *b* ou *c* de la figure 269, c'est-à-dire un disque divisé en deux moitiés, l'une jaune clair, l'autre gris jaunâtre, et l'on sort ou l'on rentre le tube O, de manière à avoir leur séparation bien nette, et sans s'occuper des bords du diaphragme. Ce pointé est très important pour bien établir plus tard l'égalité de tons ; mieux il est fait et plus l'appareil est sensible.

On prend alors de la main gauche l'appareil par la règle, en L, par exemple, et de la main droite, on saisit le tube H entre le pouce et l'index et appuyant l'œil sur ces doigts, on dirige (tout en regardant) l'appareil vers l'endroit qui fait paraître le disque le mieux éclairé, par petits mouvements, en haut, en bas, à droite, à gauche, etc. L'appareil possède pour cela deux axes de rotation en Q et S, à mouvements gras.

On doit s'assurer de temps en temps, si l'on est toujours bien dirigé vers le maximum de lumière.

Digitized by Google

On regarde de nouveau à travers la loupe N et on agit sur le bouton G pour faire coïncider, cette fois bien exactement, le zéro du vernier avec celui de la division que l'on a choisie puis on regarde dans l'appareil. S'il est déjà réglé on verra les deux côtés d'un gris jaunâtre sombre et bien égaux en intensité. S'il n'est pas tout à fait réglé on aura l'apparence *b* ou *c* ; pour ramener à l'égalité de tons, il faudra tourner le bouton F, qui ne sert qu'à cet effet. On tourne dans le bon sens, quand le côté foncé s'éclaircit et que le côté clair s'assombrit.

On est à l'endroit de l'égalité de tons, lorsque en tournant ce

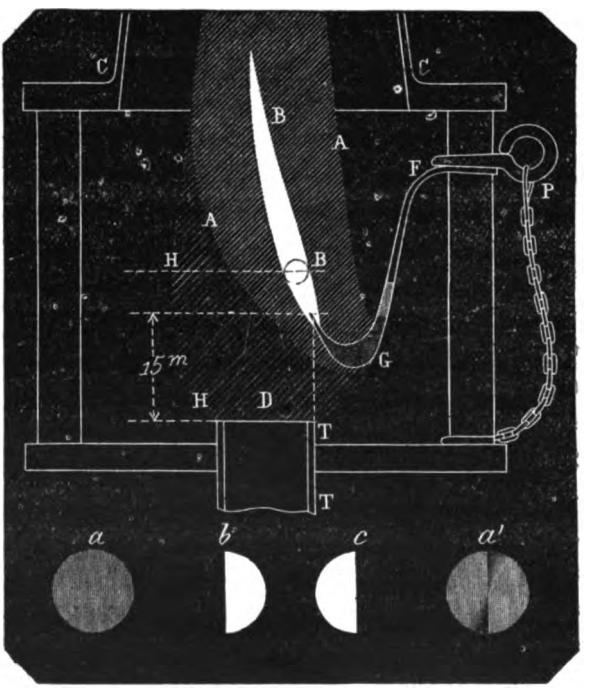


Fig. 269. — Saccharimètre Laurent. Théorie.

bouton F, alternativement à droite et à gauche et par petits mouvements, on passe successivement de l'apparence *a* à celles *b* et *c*, pour s'arrêter définitivement à celle *a*.

L'appareil est réglé, mais il faut le vérifier. Pour cela on déplace l'alidade par le bouton G et au moyen de ce même bouton, on reproduit l'égalité de tons ; si l'on a bien opéré, on doit, en regardant à travers la loupe N, retrouver le zéro du vernier en coïncidence avec celui de la division. S'il n'y était pas, c'est que l'on n'aurait pas bien

Digitized by Google

opéré, et il faudrait retoucher légèrement au bouton F, dans un sens ou dans l'autre, jusqu'à ce qu'on arrive bien à la coïncidence des zéros en établissant l'égalité de tons, au moyen du bouton G, et alors seulement l'appareil est bien réglé et pour l'opérateur seul.

La dissolution sucrée étant interposée l'image n'est plus nette, il faut sortir l'oculaire de 1 à 2 mm. et les deux côtés de la figure *a* sont devenus plus clairs et inégalement, Si l'on interpose une matière à pouvoir rotatoire droit, c'est le côté droit qui sera le moins clair et il faudra tourner le bouton G et par suite l'alidade à droite.

Si la substance a un pouvoir rotatoire gauche, comme cela arrive avec le sucre incristallisable, c'est le côté gauche qui sera le moins clair et il faudra tourner le bouton G à gauche,

Revenons au cas d'une liqueur sucrée : on tournera le bouton G à droite jusqu'à ce que le demi-disque de droite devienne noir (gris) ; on poursuit, il s'éclaircit bientôt et c'est l'autre qui devient noir presque immédiatement ; on a alors dépassé, on revient légèrement en arrière, et l'on établit l'égalité de tons par une série d'oscillations du bouton G de plus en plus petites et faisant passer de l'apparence *b* à celle *c* pour s'arrêter enfin à celle *a*.

Souvent dans l'industrie sucrière on a des jus et des sirops colorés qui, mis dans cet appareil (le levier V étant levé) ou dans tout autre saccharimètre, sont assez foncés pour que l'on ne voie plus rien et qu'il soit impossible de rien lire ; alors, dans ce cas, cet appareil offre une ressource, il permet en abaissant le levier U graduellement et autant que cela est nécessaire, de faire passer plus de lumière dans l'appareil.

On peut toujours avec cet appareil, choisir l'angle qui donnera le meilleur résultat pour un liquide donné, et la pratique montre que cet angle varie avec la coloration du liquide.

M. Laurent construit aussi un instrument analogue au précédent (Petit modèle), mais avec lequel on ne peut employer que des tubes de 20 ou 22 cm.

Pour conserver à l'appareil de Laurent toute sa sensibilité, il convient de faire la lecture le levier V étant levé ; lorsqu'il faut abaisser ce levier, il est nécessaire ou de tenir compte de la modification que cet abaissement du levier fait au zéro de l'instrument, ou de ramener l'appareil au zéro en tournant légèrement le bouton de réglage F, de la fig. 268.

Digitized by Google

Nettoyage des cristaux. — Le nettoyage des cristaux est très important dans les instruments de polarisation. Les appareils sont construits de façon à ce qu'on puisse les séparer tous à la main ; on peut alors les essuyer, s'il y a lieu, soit qu'il y ait de la poussière ou de la buée. Pour les lentilles B et N on les essuie facilement. Le diaphragme D porte actuellement une glace extérieure plus grande que le trou du diaphragme ; il suffit de passer un linge fin ou un pinceau sur la glace pour rendre le trou très net. Dans l'oculaire O, le diaphragme a été porté à l'intérieur, le verre qui le couvre est plus grand et facile à essuyer.

Pour ôter ou remettre le bichromate, il suffit de dévisser le tube noir I, on voit sa place dans la pièce E ; le tube I n'a pas besoin d'être revissé dur.

Division Vivien. — Cette division s'emploie quelquefois à la place de celle en centièmes de sucre, la prise d'essai est alors de 10 gr. : 162 divisions Vivien égalent 100 divisions centièmes de sucre.

Brûleurs à gaz Laurent à lumière jaune sodique. — Il y a les brûleurs à gaz à haute et d'autres à basse pression. Pour mesurer la pression du gaz il suffit de placer de l'eau jusqu'à moitié des branches dans un tube de verre recourbé en U et de faire communiquer l'une des branches, au moyen d'un tuyau de caoutchouc, avec un robinet à gaz. On ouvre ce dernier, la pression fait monter l'eau d'un côté et descendre de l'autre, la différence de niveau des deux côtés est la pression du gaz exprimée en mm.

Brûleur à haute pression. — Ce brûleur est employé quand la pression dépasse 25 mm. d'eau.

Brûleur à basse pression. — Ce brûleur est employé quand la pression du gaz est inférieure à 25 mm. et jusqu'à 10 mm. d'eau. Dans ce brûleur il convient de régler l'appel d'air par les viroles à trou V qui sont à la base des deux becs (fig. 268).

Manière de placer les nacelles de platine et d'obtenir une flamme éclairante avec le sel. — Dans les brûleurs, le grain de chlorure de sodium se place dans une nacelle en platine. Il en existe de 2 modèles, une en forme de cuillère représentée par GF (fig. 269) ; une autre en forme de couronne, beaucoup plus durable (fig. 270) avec un trou central à bords relevés T. On prend du chlorure de sodium blanc fondu en plaques, on le concasse en morceaux gros comme une petite lentille ; il faut en mettre peu à la fois, afin d'éviter l'empâte-

Digitized by Google

ment de la cuillère, et l'obstruction des trous du brûleur par le sel fondu extravasé.

Le bord abducteur de la nacelle (fig. 269) doit être sur le prolongement du tube de gaz et à 15 millimètres au-dessus. Il se fait sur les bords de la cuillère de petits dépôts blancs lumineux que l'on enlève très facilement en passant dessus une lame quelconque ou la presserelle qui sert à introduire le sel. A la longue la nacelle se recouvre d'un dépôt blanchâtre qui gêne la formation de la flamme. Il suffit de sortir la cuillère et de laver dans l'eau chaude pour enlever ces dépôts.

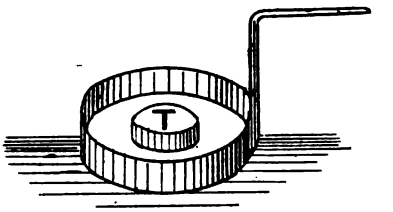


Fig. 270.

Avec la nacelle à couronne, il convient de placer le trou central T de telle manière que son centre coïncide avec le sommet du cône de flamme bleue D de la fig. 269. Le sel se place dans la couronne en platine.

A défaut de gaz on peut employer les éolipyles pour l'éclairage des Polarimètres.

Eolipyle à lumière jaune sodique. — Il donne une lumière jaune intense et remplace le gaz. On l'emploie avec l'alcool ou l'esprit de bois.

Cet Eolipyle est représenté par la fig. 271.

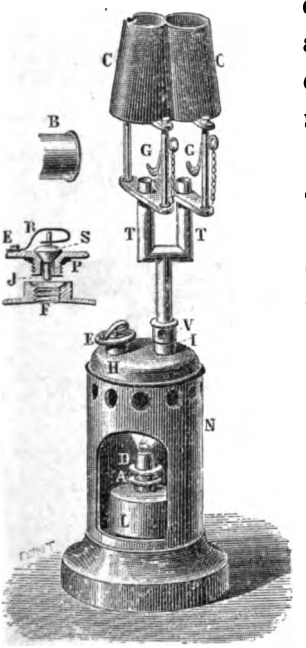


Fig. 271. — Eolipyle.

L Lampe pour chauffer la chaudière H ; elle est alimentée par l'alcool ou de l'esprit de bois.

A bouton molleté dans lequel on introduit la mèche ; il est vissé à fond sur la lampe L.

B bouton molleté, vissé librement sur A. Il sert à donner plus ou moins de flamme ; en marche il est dévissé de 2 ou 3 tours.

N bâti stable, contient la lampe L et supporte la chaudière H.

H chaudière en cuivre rouge, contient soit de l'esprit de bois, soit de l'alcool. Elle entre à frottement dur dans le support N.

TT tube bifurqué, vissé sur I et portant les deux cheminées CC.

I pièce soudée sur la chaudière H, reçoit T.

Digitized by Google

CC cheminées portant deux cuillers en platine GG et terminées à leur partie inférieure par deux petits tubes entrant à frottement doux dans le tube TT.

On peut les changer de côté.

GG cuillers fixées au moyen de pitons en forme de coins, on peut les remplacer facilement.

V virole pour ouvrir ou fermer complètement les trous d'air.

Détails de la soupape.

E bouton molleté, porte la soupape S et visse dans le cône F.

P anneau de plomb formant joint.

S soupape proprement dite.

J ressort de la soupape S.

R ressort pour fermer la soupape S.

On devra par mesure de sécurité être toujours certain du bon fonctionnement de cette soupape.

Saccharimètre Laurent à lumière blanche. — M. Laurent a fait

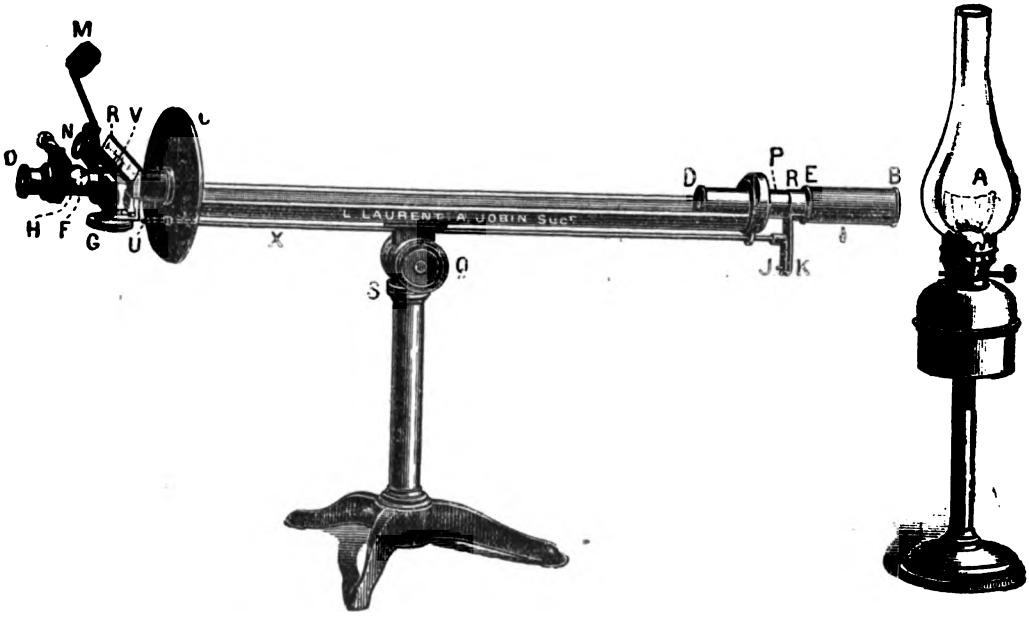


Fig. 272. — Saccharimètre Laurent à lumière blanche.

une modification à ses appareils qui permet d'employer la lumière blanche :

Le cadran divisé et son alidade sont remplacés par un compensa-

Digitized by Google

teur soleil perfectionné (à lames prismatiques de quartz). Le cadran C n'est pas divisé, il sert d'écran et de support au levier U. L'une des lames porte une règle divisée R, l'autre un vernier V. On regarde les divisions avec la loupe N. Pour le brûleur, une flamme plate de gaz ou de pétrole, employée dans le sens de la longueur, est beaucoup plus intense qu'un bec rond. On place toujours le milieu de la flamme à 0 m.20 de B.

Cet appareil est à pénombres ; quand on regarde à l'oculaire, l'image a la même apparence et la même teinte, gris orangé, que dans le polarimètre à cadran divisé, mais avec plus de lumière. L'obscurité n'est plus indispensable ; on peut toujours, au moyen du levier U, donner plus ou moins de lumière suivant les besoins,

On rencontre encore quelquefois d'autres saccharimètres, notamment celui de Schmidt et Hœnsch surtout en Belgique et en Allemagne.

Saccharimètre Wenzke-Scheibler. — Le polarimètre Soleil a été perfectionné en Allemagne d'abord par M. Wenzke, qui a remplacé

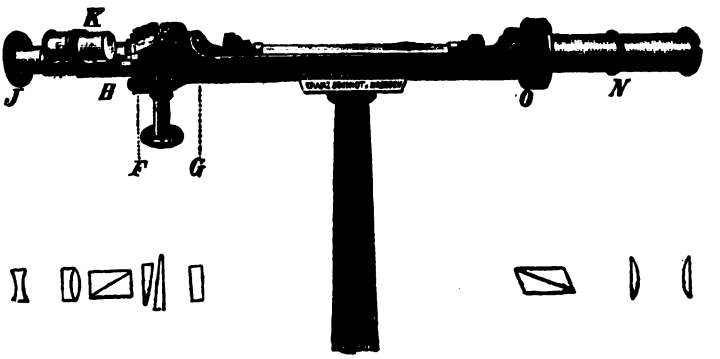


Fig. 273 — Saccharimètre Wenzke-Scheibler.

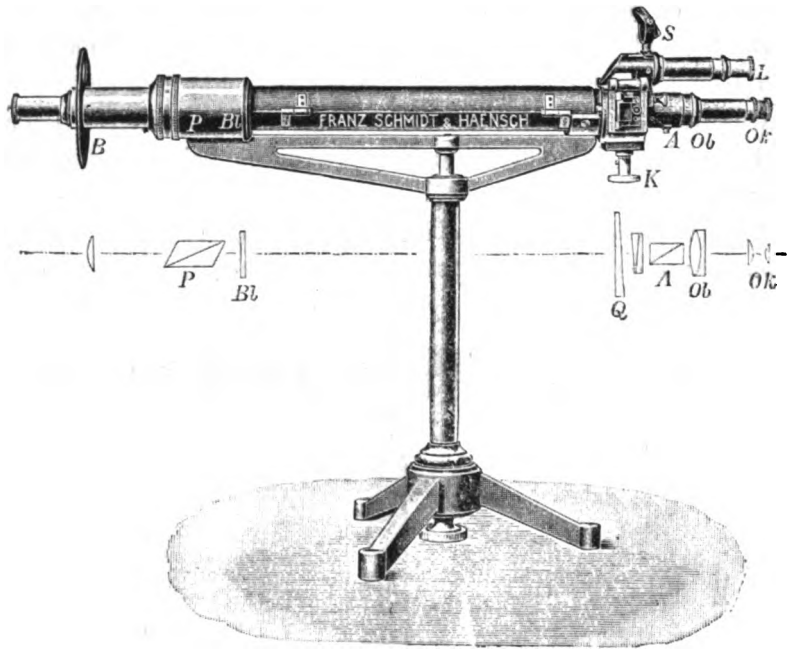
l'échelle française par une autre à laquelle il a donné son nom, et dont le point 100 correspond à 26 gr. 01 de sucre. Puis M. Scheibler y a apporté une combinaison accessoire, renfermant une loupe et un miroir incliné à 45°, qui permet de voir sans se déplacer ni déplacer l'appareil, l'image verticale de la graduation dans le miroir (fig. 273). Ce saccharimètre s'éclaire à la lumière blanche.

Saccharimètre à pénombre de Schmidt et Hœnsch. — Cet appareil (fig. 274 et 275) diffère assez peu du Soleil-Wenzke-Scheibler qu'il a du reste remplacé surtout en Allemagne. Il possède deux

Digitized by Google

compensateurs dont l'un en quartz dextrogyre et l'autre en quartz lévogyre pour faciliter le contrôle des observations. Le prisme polariseur est un Nicol-jumelle, système Jellet-Cornu. L'instrument est à pénombre, il s'éclaire à la lumière blanche, pétrole, gaz, électricité, etc.

La fig. 275 représente l'appareil complet ; on remarquera le manchon qui entoure la flamme de l'appareil éclairant, ne donnant issue à la lumière que dans la direction de l'axe optique du polarimètre. Nous insisterons sur ce point, et nous en profiterons pour recommander



274. — Saccharimètre Schmidt et Haensch.

une installation analogue sur tout appareil éclairant par la lumière blanche. Les modèles de ces manchons sont divers, nous ne pouvons les décrire ici tous. Mais on peut parfaitement en établir soi-même en carton, tôle ou bois.

Parfois même, il suffit de placer entre la lumière et l'appareil un écran en bois peint en noir. Cet écran qui repose sur la table de polarisation, sera percé d'un trou permettant le passage de la lumière à la hauteur voulue.

Comme dans les autres instruments, l'observation se fait dans le Schmidt et Hœnsch en mettant au point net l'image du réticule au

Digitized by Google

milieu du champ de vision. Puis quand il y a déviation on manœuvre le compensateur de manière à ramener l'égalité de teinte.

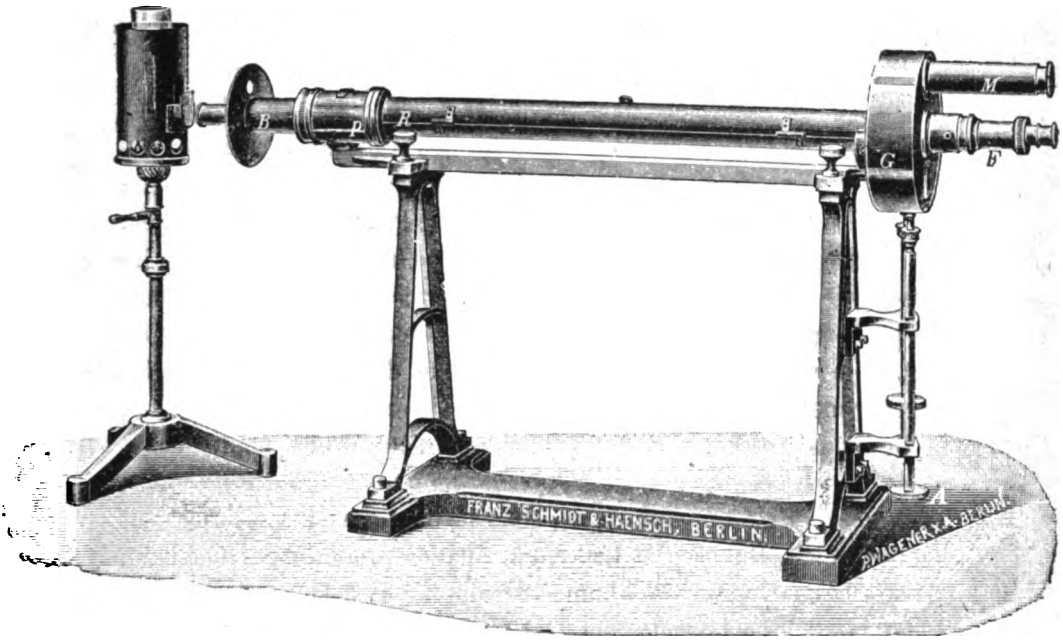


Fig. 275. — Saccharimètre Schmidt et Hœnsch.

On arrête le mouvement au moment où les deux demi-disques apparaissent avec une égale intensité de clarté, ou encore au moment où l'on aperçoit comme un trait d'ombre passer juste au milieu du champ de vision. Cette apparence se produit de préférence avec les solutions peu colorées, qui au lieu de la teinte ambrée coutumière du champ de vision produite par les solutions colorées, offrent alors, dans ce dernier champ, une certaine teinte faible bleue ou rouge.

Nous ne nous étendrons pas plus longuement sur les descriptions d'instruments. Nous nous bornerons à citer encore le saccharimètre à pénombre de Pellin. Le polaristrobomètre de Wild, dont le champ est à franges ; et l'appareil nouveau et perfectionné du docteur Lippich, ainsi que celui du Prof. Landolt, ce dernier construit par Schmidt et Hœnsch.

Du Vernier. — Le vernier sert à interpréter les dixièmes de degrés. Son principe est connu ; la longueur représentée par neuf degrés de l'échelle des instruments est divisée en 10 parties égales et reportée ainsi sur le vernier. De sorte que chaque degré du vernier

Digitized by Google

a une longueur égale au 9/10e des degrés de l'échelle. Pour faire la lecture, on lira d'abord le nombre de degrés.

Ce chiffre sera indiqué par le zéro du vernier qui se trouvera placé entre 2 quelconques de ces degrés. Puis portant son attention sur la graduation du vernier, on estimera les dixièmes de degrés en cherchant quel est celui des traits du vernier qui est en correspondance exacte avec l'un des traits de la graduation en degrés.

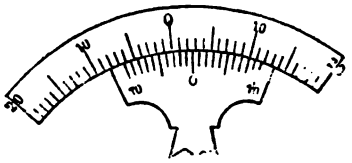


Fig. 276. — Vernier.

Ainsi dans la fig. 276, on lit 2°8. En effet, le 8e trait à droite du zéro sur le vernier est exactement dans le prolongement de l'un des traits de la graduation en degrés (le trait 10). Si le vernier est droit et la graduation droite comme dans les saccharimètres à lumière blanche, le principe reste le même.

De même encore, si la déviation au lieu d'être droite, était gauche.

Des poids normaux et des échelles polarimétriques ou saccharimétriques correspondantes. — Nous savons que dans les saccharimètres Soleil, Duboscq et Laurent la rotation produite par une lame de quartz dextrogyre de 1 mm. d'épaisseur et à faces rigoureusement parallèles est exactement 21°40 d'arc.

C'est l'angle de rotation de cette lame de quartz qui divisé en 100 parties égales, a fourni la graduation saccharimétrique. Vers l'année 1875, d'après les expériencee de MM. de Luynes et Girard, cette rotation correspondait à 16 gr. 19 de sucre dissous dans 100 cm³ cubes d'eau distillée, à 15° C. Ce poids était le poids normal du saccharimètre à cette époque. Des essais antérieurs avaient primitivement fixé ce poids à 16 gr. 35. En 1896, le Congrès de chimie de Paris proposa le poids de 16 gr. 29. Ce chiffre, vérifié en 1899 par MM. Mascart et Bénard, est aujourd'hui le chiffre officiel en France.

Nous avons vu aussi que l'échelle allemande de Wenzke avait pour base une solution contenant 26 gr. 01 par 0/0 cm³ de sucre à 17°5 pour le litre métrique français. Mais le litre de Mohr contenant 1002 cm³ 35 au lieu de 1000 cm³, la solution type allemande contient 26 gr. 048 de sucre par 0/0 cm³. Ce dernier poids est le poids normal de ce saccharimètre de Wenzke.

On construit des polarimètres à 20 gr. — l'avantage de cette échelle qui commence à se répandre en France et que l'on appelle échelle

Digitized by Google

internationale, est de rester dans les unités métriques. On a en effet :

Volume de solution.	1 litre
Poids de sucre pur.	0kg,200
Longueur-type du tube d'observation	0m,200

Le poids normal de 20 gr. correspond à une rotation de 26°36′, et par suite à une plaque de quartz de 1,227 de mm.

Par conséquent, soit n le poids normal d'un saccharimètre.

TABLE I. — *Poids normaux pour les saccharimètres* (D. Sidersky)

Substances	Pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]^D_{20}$	Échelle française		Échelle allemande		Échelle internationale	Sucre de canne pris comme unité
		Jaugeage métrique	Jaugeage Mohr	Jaugeage métrique	Jaugeage Mohr	Jaugeage métrique	
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
Sucre de canne . . .	+ 66°,51	16,29	16,33	26,00	26,048	20	1
Glucose (dextrose) . .	+ 52, 80	20,40	20,54	32,820	32,765	25.20	1,26
Sucre de lait	+ 52, 53	20,51	20,65	32,970	33.025	25,34	1,267
Maltose	+ 137, 50	7,78	7,84	12,510	12,520	9.616	0,4837
Amidon soluble et dextrine.	+ 197, 80	5,50	5,53	8,850	8,835	6,828	0,3414

1° Français (type Soleil-Laurent) = 0°,2167 degré d'arc ;
2° Allemand (type Wentzke) = 0°,3466 degré d'arc.

Chaque degré vaut en sucre $\frac{M}{100}$ soit : 0,1619 ; 0,26048, ou 0,20 selon les instruments (voir la table I des poids normaux pour les saccharimètres).

Conseils pratiques pour l'installation et la manipulation d'un saccharimètre. — Il est bon, sinon nécessaire, de s'installer dans une chambre obscure, dont les parois seront peintes en noir.

La lumière doit être brillante et surtout fixe, le couvercle de l'instrument sera rabattu. L'axe des tubes d'observation doit correspondre exactement avec l'axe optique de l'instrument ; on tiendra l'œil autant que possible dans ce même axe optique.

Il est nécessaire avant chaque observation de vérifier le zéro du polarimètre et, comme tous les opérateurs n'ont pas la même vue, de tenir compte des légères différences que l'on peut avoir dans le zéro, en plus ou en moins, et d'en faire la correction sur l'observation effectuée du liquide à analyser.

Vérifier parfois l'exactitude de l'appareil ; pour cela prendre du

Digitized by Google

sucre raffiné pur et sec, et en peser 1 fois le poids normal dans 100 cm³. De la même manière on pèsera 1/2 fois le poids normal ; ou mieux on étendra la solution faite à 1 fois le poids normal, du 1/4, de la 1/2, des 3/4 de son volume, de manière à vérifier les points 75° 50°, 25°, etc.

On peut obtenir du sucre pur et sec en dissolvant du bon raffiné dans de l'eau distillée, le faire cristalliser, sécher, redissoudre et cristalliser à nouveau, etc. — plusieurs fois — finalement, le laver à l'alcool absolu et sécher. Vérifier la longueur des tubes d'observation qui doivent être pour le tube type, de 200 mm. : on a aussi des tubes de 400, de 500, et de 100, de 220, etc.

Les obturateurs des tubes doivent être nets, exempts de stries, à faces bien parallèles et peu serrés contre les faces du tube ; sinon, l'observation pourrait n'être pas exacte.

Une fois l'égalité de teinte obtenue avec un tube, le faire tourner sur lui-même autour de son grand axe. Si l'égalité de teinte persiste le tube est bon, sinon il est déformé, et il vaut mieux le rejeter. On peut aussi faire une remarque sur le tube, de manière à ce qu'on puisse le placer toujours de la même manière dans le polarimètre. Si du moins les résultats ne sont pas plus justes pour cela, ils seront comparatifs toujours à eux-mêmes, et c'est un grand point.

Enfin, il convient que la salle du polarimètre ne soit pas exposée à de trop grands écarts de température. Les travaux de MM. Wiley, Herzfeld, Wichmann ont montré l'influence des changements de température sur la précision de la lecture : ils ont vérifié la formule :

$$[\alpha]^D_t = [\alpha]^D_{20} - [\alpha]^D_{20} (0{,}000217\,[t - 20]) \quad \text{(de Schœnrock).}$$

En pratique courante on ne tient pas compte de ces corrections, et on fait en sorte de faire des observations entre 17° et 20° C. avec des liquides à mêmes températures. Enfin, il y a une variation du pouvoir rotatoire, suivant la concentration du liquide observé. Cette variation est très faible et négligée dans la pratique. Nous renvoyons le lecteur, pour ces détails, aux ouvrages spéciaux.

Des tubes pour observations saccharimétriques et de leur emploi. — Les tubes destinés aux observations (fig. 277) sont ordinairement construits en laiton, en verre ou cristal, armés aux deux extrémités de douilles filetées destinées à fixer des bonnettes à vis ; ou encore en

Digitized by Google

verre, entièrement protégés d'une armature en laiton, les bonnettes étant à ressort et à baïonnette. Ceux qui sont en verre ou cristal sont préférables aux autres, à cause de la moindre conductibilité du verre relativement à la chaleur.

Pendant les manipulations, la chaleur de la main qui tient le tube peut en effet développer à l'intérieur du liquide que contient le tube des stries qui s'élèvent dans le milieu et rendent les observations incertaines sinon impossibles.

Ces stries sont dues aux différences de densité du liquide chaud par rapport au même liquide plus froid. Lorsque cet inconvénient se produit dans un tube plein, il faut l'agiter fortement et rapidement avant de faire l'observation.

Il est indispensable que les faces du tube sur lesquelles on applique les glaces de fermetures ou galets soient rigoureusement parallèles et de plan perpendiculaire à l'axe optique du tube.

Quant aux bonnettes de fermeture, il faut éviter de les serrer à bloc quand elles sont à vis. On produirait ainsi une déformation des obturateurs pouvant provoquer des phénomènes accessoires de polarisation, ainsi que nous le savons du reste. Les bonnettes à ressort, avec fermeture à baïonnette, ou les tubes à chapeaux formant ressort sont préférables pour cette raison. Il existe des tubes à double enveloppe, dans laquelle un système de tubulures permet le passage de liquides à température constante. Tels sont les tubes du polarimètre de Landolt. Cela est utile pour des essais de grande précision. Les mesures de longueur des tubes, nous l'avons déjà dit, doivent être rigoureusement exactes. La déviation étant proportionnelle à la longueur de liquide actif traversé par le rayon polarisé. Pour emplir les tubes, il faut prendre certaines précautions : il faut d'abord les rincer avec une petite quantité du liquide que l'on veut examiner.

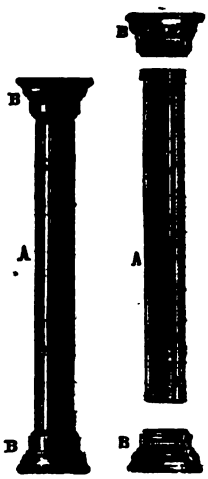


Fig. 277.

Pour cela, on monte le tube d'un côté en y plaçant un obturateur ou galet, puis par l'autre côté on verse doucement, en évitant les bulles d'air, une petite quantité de liquide ; on fait circuler cette quantité plusieurs fois à l'intérieur du tube, en bouchant la partie ouverte avec le pouce et retournant le tube bout pour bout : on rejette enfin

Digitized by Google

cette quantité. On peut rincer plusieurs fois. Maintenant on emplit le tube doucement, en évitant de faire tomber le liquide perpendiculairement à l'intérieur, ce qui produirait des bulles d'air et de la mousse dont on arriverait difficilement à se débarrasser. On s'arrange de manière à produire par l'emplissage un ménisque convexe à l'orifice ouvert du tube, puis saisissant un obturateur propre et préparé à l'avance, ou coupe ce ménisque en faisant glisser l'obturateur à la surface de l'orifice du tube. Par ce moyen on évite de produire des bulles d'air.

Alors, tout en maintenant l'obturateur par ses bords, on incline le tout pour faire tomber l'excès du liquide extravasé, et éviter ainsi de mouiller l'intérieur des bonnettes. On place enfin la bonnette, on agite un peu le tube, qui est prêt pour l'observation,

Il faut éviter de mouiller les bonnettes à l'intérieur, parce que le verre étant hygrométrique, la face extérieure des obturateurs se recouvrirait d'une fine buée, sous l'influence du plus faible changegement de température, rendant ainsi toute observation impossible.

Tube continu de H. Pellet. — Ce tube a ceci de particulier qu'il comporte deux tubulures permettant l'emplissage, les obturateurs et les bonnettes étant en place (fig. 278).

On adapte aux tubulures des tuyaux de caoutchouc, et on dispose l'ensemble sur un polarimètre, de telle manière que le liquide à observer puisse être siphoné.

Sur la plus grande branche du siphon formé par le tube et ses deux tuyaux, on place une pince de Wohr P, permettant d'arrêter l'évacuation des liquides et de faire les observations. Les liquides, même de concentrations différentes, ne se mélangent que sur une très faible longueur à leurs points de contact.

On peut donc, en ayant soin de ne pas désamorcer le tube, faire une série illimitée d'observations, et cela très rapidement, avec des liquides divers. Cependant, il est bon lorsque l'on passe d'un liquide très riche à un liquide plus pauvre en sucre, de faire circuler auparavant dans le tube, de l'eau additionnée de quelques gouttes d'acide acétique, ou bien alors d'avoir plusieurs tubes que l'on affecte à des services différents.

Pour user du tube continu, en utilisant toute sa valeur, il est nécessaire de ne faire passer à l'intérieur que des liquides dont la température soit pour le moins égale à celle de la température ambiante de

Digitized by Google

la salle d'observations, sinon, les faces extérieures des glaces obturatrices se recouvriraient d'une buée opaque. On conçoit aisément que les faces extérieures des obturateurs fermant le tube par ses deux extrémités, forment un véritable hygromètre dès que leur tem-

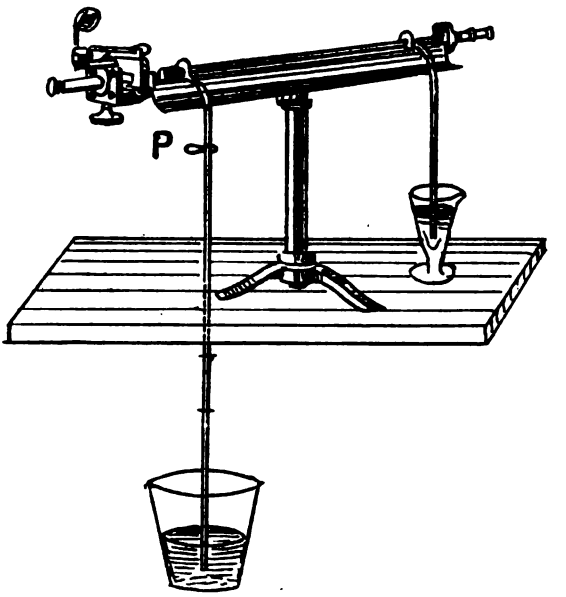


Fig. 278. — Tube continu de H. Pellet.

pérature est immédiatement inférieure à celle de l'air qui les entoure. Or, celà a toujours lieu quand on fait passer dans les tubes des courants liquides dont la température est inférieure, ne fût-ce que très faiblement, à la température de l'air ambiant dans la salle du polarimétre.

Digitized by Google

CHAPITRE III

—

VÉRIFICATION DES INSTRUMENTS GRADUÉS PIPETTES, BURETTES, BALLONS

FORMULE GÉNÉRALE

Il est utile de vérifier les instruments de verre gradués.

Nous allons commencer par donner quelques extraits d'une note de M. Dupont à ce sujet, publiée dans le *Bulletin de l'Association des Chimistes*. Un ballon jaugé contenant par exemple 101 cm³, ou 99 cm³, au lieu de 100 cm³, produira dans l'analyse d'un sucre brut une erreur de près de 1°. La température admise pour le jaugeage et la graduation des instruments de chimie est de 15° C. En négligeant la variation de pression et l'état hygrométrique on trouve qu'en opérant à 15° C., un ballon de 1000 cm³ doit contenir une quantité d'eau distillée équilibrée par 998 gr. 081 ; et pour un de 100 cm³, 99 gr. 8081.

La formule générale pour obtenir le poids représentant 1 000 cm³ d'eau distillée à la température de $t°$ peut s'écrire de la manière suivante.

$$P = D - \delta - \gamma \tag{1}$$

dans laquelle P est le poids cherché ;

D = densité absolue de l'eau à la température de $t°$.

δ, le poids de 1 litre d'air à la même température.

γ, le poids de l'air déplacé par les poids de laiton faisant équilibre à 1 litre d'eau.

Or, D est donné par la table de Rosetti ; à 15° il est de 999,16.

$\delta = \frac{1,293}{1 + \alpha t}$, $\gamma = \frac{\delta}{\Delta'}$; Δ' étant la densité du laiton à $t°$.

Mais $\Delta' = \frac{\Delta}{1 + Kt}$; Δ étant la densité du laiton à 0° = 8,4.

Digitized by Google

La formule (1) devient alors :

$$P = D - \left(\frac{1,293}{1 + \alpha t} - \frac{\frac{1,293}{1 + \alpha t}}{\frac{\Delta}{1 + Kt}} \right)$$

(2) $$P = D + \frac{1,293 \times (1 + Kt)}{\Delta \times (1 + \alpha t)} - \frac{1,293}{1 + \alpha t}.$$

Si l'on veut tenir compte de la pression atmosphérique la formule devient :

(3) $$P = D + \frac{1,293 \times (1 + Kt)}{\Delta \times (1 + \alpha t)} - \frac{H}{760} \times \frac{1,293}{1 + \alpha t}.$$

Lorsqu'on veut vérifier un instrument gradué à + 15°, et que la température du laboratoire où l'on opère est inférieure ou supérieure à 15°, la formule (3) a besoin d'être complétée.

Supposons que l'on veuille vérifier un ballon de 100 cm³ jaugé à + 15° dans un laboratoire dont la température est de 20°.

Le poids de l'eau que devrait contenir ce ballon jusqu'au trait de jauge est donné par la formule (3) ou la formule (2) suivant qu'on tient compte ou non de la pression atmosphérique.

Mais si l'on introduit dans ce ballon le poids d'eau indiqué par la formule, le niveau du liquide ne coïncidera pas avec le trait de jauge, parce que le volume du récipient a subi une dilatation, est devenu plus grand ; ce niveau restera au-dessous du trait de jauge. Il faut donc ajouter au poids de 100 cm³ d'eau à + 20° le poids d'un volume de cette même eau égal au volume dont le récipient s'est dilaté en passant de la température de 15° à celle de 20°.

Si la température était inférieure à 15°, il y aurait lieu au contraire de retrancher ce poids.

C = 0,0000268 étant le cofficient de dilatation cubique du verre.

θ étant la différence de température entre 15° et celle du laboratoire.

η étant la capacité en cm³ du vase que l'on vérifie, on peut exprimer le poids à ajouter ou à retrancher par l'expression η C θ ou η Xo, 000268 θ.

Et la formule (3) devient

$$P = D + \frac{1,293 \times (1 + Kt)}{\Delta (1 + \alpha t)} \pm \eta c \theta \frac{H}{760} \times \frac{1,293}{1 + \alpha t}.$$

Digitized by Google

La table ci-contre indique la densité et le volume de l'eau à différentes températures ainsi que son poids pour 100 cm³ pesés dans l'air avec des poids en cuivre.

Fig. 279.
Burette graduée.

Les volumes et les densités sont ceux donnés par la table de Rosetti. — Le poids de l'eau a été calculé par M Dupont d'après la formule ci-dessus. — La colonne 4 donne la valeur de $\eta C\delta$ pour $\eta = 1$. — Cette table supprime tous les calculs pour la construction et la vérification des instruments gradués.

Les instruments jaugés, comme les ballons, les pipettes, etc., sont destinés à mesurer une quantité invariable de liquide ; les instruments gradués au contraire, comme les burettes, les éprouvettes, etc,, permettent de mesurer des volumes variables.

Les instruments qui comme les ballons de 100-110 ont pour but de contenir une certaine quantité de liquide sont jaugés secs ; ceux qui comme les pipettes doivent fournir par écoulement un certain volume sont jaugés mouillés, c'est-à-dire qu'une pipette de N cm³ laisse écouler N cm³ sans compter ce qui reste adhérent à la paroi intérieure.

D'après ce qui vient d'être dit, on voit que les ballons et carafes ne doivent pas être employés à prélever des volumes de liquide pour les transporter dans d'autres vases, à moins qu'on ne puisse rincer.

On ne doit jamais souffler dans une pipette, et avec celle à un trait on opère en tenant l'extrémité de la susdite pipette contre la paroi mouillée du vase afin de faire couler la dernière goutte.

Digitized by Google

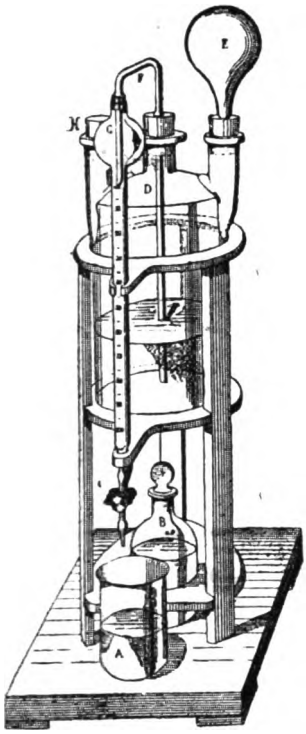


Fig. 280. — Appareil de Defez.

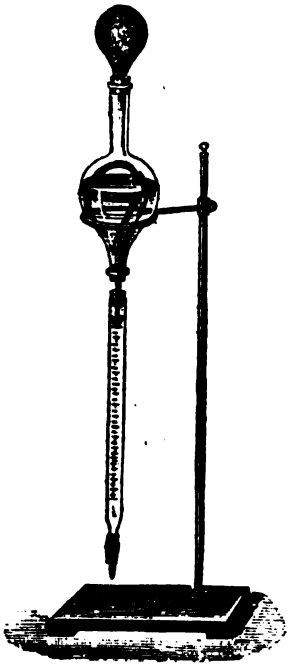


Fig. 281. — Burette Sencier.

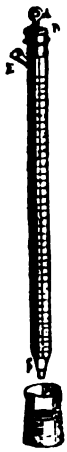


Fig. 282. — Burette Nugues

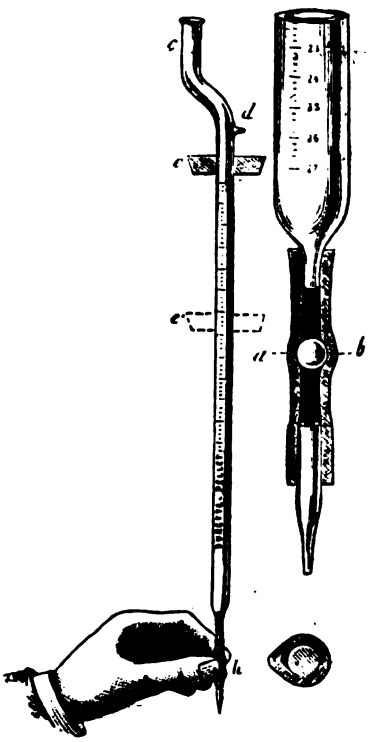


Fig. 283. — Burette Pellet.

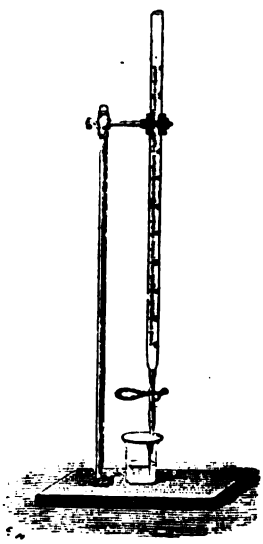


Fig. 284. — Burette de Mohr.

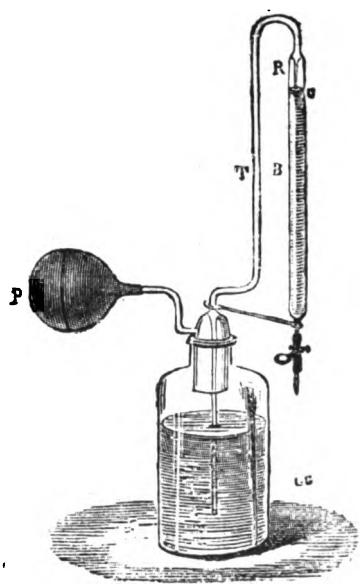


Fig. 285. — Burette automatique.

Digitized by Google

TABLE II. — *Vérification des instruments gradués*, par M. Dupont

Température en degrés centigrades	Densités + 4° C. = 1	Volume + 4° C. = 1	Poids dans l'air de 1 000 cm³ d'eau pesés avec des poids de laiton	Valeur de $r_t c\theta$ $r_t = 1$
+ 4	1,000000	1,000000	998,877	— 0,0002948
5	0,999990	1,000010	998,871	— 0,0002680
6	0,999970	1,000030	998,852	— 0,0002412
7	0,999933	1,000067	998,823	— 0,0002144
8	0,999886	1,000114	998,779	— 0,0001876
9	0,999824	1,000176	998,721	— 0,0001608
10	0,999747	1,000253	998,648	— 0,0001340
11	0,999655	1,000354	998,560	— 0,0001072
12	0,999549	1,000451	998,450	— 0,0000802
13	0,999450	1,000570	998,341	— 0,0000536
14	0,999299	1,000701	998,215	— 0,0000268
15	0,099160	1,000841	998,081	
16	0,999002	1,000999	997,927	+ 0,0000268
17	0,998841	1,001116	997,769	+ 0,0000536
18	0,998654	1,001348	997,585	+ 0,0000802
19	0,998460	1,001542	997,385	+ 0,0001072
20	0,998250	1,001744	997,189	+ 0,0001340
21	0,998047	1,001957	996,989	+ 0,0001608
22	0,997828	1,002177	996,774	+ 0,0001876
23	0,997601	1,002405	996,550	+ 0,0002144
24	0,997367	1,002641	996,320	+ 0,0002412
25	0,997120	1,002888	996,077	+ 0,0002680
26	0,996866	1,003144	995,826	+ 0,0002948
27	0,996603	1,003408	995,566	+ 0,0003216
28	0,996331	1,003682	995,297	+ 0,0003484
29	0,996051	1,003965	995,020	+ 0,0003752
30	0,99575	1,00425	994,723	+ 0,0004020
31	0,99547	1,00455	994,445	+ 0,0004282
32	0,99517	1,00486	994,150	+ 0,0004556
33	0,99485	1,00518	993,834	+ 0,0004824
34	0,99452	1,00551	993,508	+ 0,0005092
35	0,99418	3,00586	993,170	+ 0,0005360

BURETTES GRADUÉES

Les principales burettes en usage dans les laboratoires sont les anglaises, celles de Gay-Lussac, de Nugues, de Pellet, de Mohr, de Gallois et Dupont et celles de Mohr à tube d'affluence, Sencier, Defez, etc.

Dans les burettes Gallois et Dupont dont figures ci-jointes la liqueur

Digitized by Google

titrée est placée dans le flacon et en pressant la poire en caoutchouc elle remplit la burette jusqu'au zéro, l'excès retournant dans le flacon. (Fig. 286 et 287).

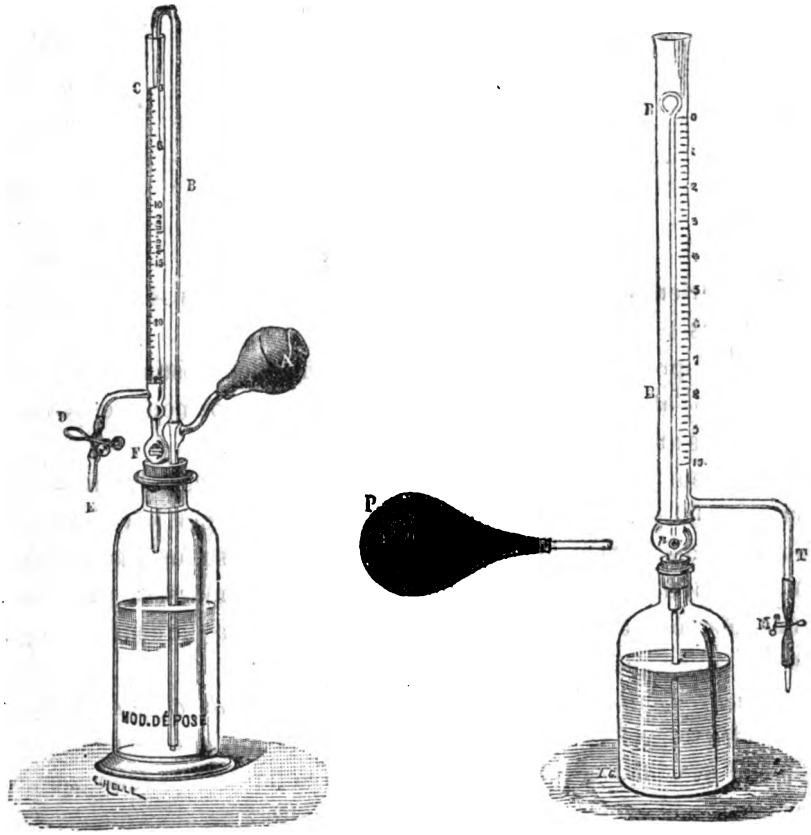


Fig. 286 et 287. — Burettes Gallois et Dupont.

La burette de Mohr à tube d'affluence est encore très commode, une pince permet l'affleurement au zéro et l'autre l'écoulement de la liqueur.

Digitized by Google

CHAPITRE IV

—

DES LIQUEURS TITRÉES

Nous parlerons ici des principales liqueurs titrées — et de celles nécessaires à certaines analyses.

Pour la préparation des liqueurs sulfuriques destinées à la recherche de l'alcalinité des lait de chaux, jus et sirops nous renvoyons au chapitre qui traite de l'analyse de ces produits.

La liqueur dont nous nous servons pour l'analyse des potasses contient 100 gr. d'acide sulfurique monohydraté pur par litre ; on peut encore se servir de ce qu'on appelle liqueur sulfurique normale qui contient alors 49 gr. du même acide ; ces liqueurs se préparent d'une manière analogue à celle indiquée pour la liqueur à 25 gr. d'acide sulfurique par litre (voir plus loin).

Liqueur de nitrate d'argent titrée pour dosage du chlore. — Faire dissoudre 4 gr. 343 d'argent fin dans l'acide nitrique et affleurer à 300 cm³ avec de l'eau distillée. Pour faire la liqueur de sulfocyanure de potassium correspondante, faire dissoudre 5 gr. de sulfocyanure dans 300 cm³ et amener au titre exact par titrage.

Préparation de la liqueur de molybdate d'ammoniaque. — Dissoudre 100 gr. d'acide molybdique dans 400 gr. d'ammoniaque à 15° B. en agitant, on laisse reposer quelque temps le tout dans un endroit chaud et on se sert du liquide clair.

Ou bien :

1° Acide molybdique.	50 gr.
Ammoniaque à 0,920.	165 cm³
Eau.	95
2° Acide nitrique pur	460
Eau	290

Verser le mélange 1 dans le mélange 2, laisser déposer quelques heures, ou filtrer.

Digitized by Google

On compte que, suivant le poids de l'acide phosphorique à précipiter présumé, il faut environ 40 fois plus d'acide molybdique.

Préparation de la liqueur de citrate d'ammoniaque (d'après Pétermann). — Faire dissoudre 500 gr. d'acide citrique avec de l'ammoniaque à 0,920 de densité (à 22° ordinaire), pour cela verser environ 700 cm³ d'ammoniaque sur l'acide citrique, laisser en contact une demi-heure et sans remuer, puis agiter doucement. Mesurer le volume obtenu ; ajouter la quantité d'ammoniaque nécessaire pour faire 1 litre. Bien mélanger et filtrer.

Liqueur de bichlorure de platine. — On attaque 5 gr. de platine par de l'eau régale et on évapore à sec, on reprend 2 fois par l'acide chlorhydrique en évaporant de nouveau à sec chaque fois, on reprend enfin une dernière fois par l'eau et après nouvelle évaporation à sec on dissout dans 100 cm³ d'eau.

Il faut bien se garder de perdre les résidus de platine. Ils contiennent de l'alcool en quantité généralement suffisante pour la réduction, on ajoute quelques morceaux de soude et on fait bouillir dans une grande capsule en porcelaine jusqu'à réduction, celle-ci est complète quand tout le platine tombe au fond de la capsule, on lave ensuite en filtrant, en faisant bouillir et en se servant tantôt d'acide nitrique, tantôt d'acide chlorhydrique, mais sans jamais mettre ces acides en présence, on arrête ce lavage quand le liquide filtré ne donne plus de précipité par le nitrate d'argent et n'est plus acide, pour cela il faut naturellement se servir en dernier lieu d'eau distillée.

Liqueur de tannin. — Cette liqueur se fait en dissolvant une partie de tannin dans 10 parties d'eau. On peut aussi employer de l'alcool à 50° environ.

Cette liqueur sert à faciliter la précipitation de certains dépôts et à clarifier certains liquides qui passent louches au travers des filtres ordinaires. Tel est le cas des jus de betteraves malades ou non-mûres.

Préparation de la mixture magnésienne ou chlorure ammoniaco-magnésien. — Dans une capsule de 3 litres environ, introduire :

1° Sulfate de magnésie cristallisé . . . . . (ou 90 gr. de chlorure de magnésium).	110 gr.
2° Chlorhydrate d'ammoniaque pur	150 gr.
3° Ammoniaque pure à 22° (D = 0,920).	300 cm³
4° Eau distillée	1l,700 cm³

Digitized by Google

Mélanger le tout pour dissoudre, *sans chauffer*, puis filtrer.

Chaux sodée. — Faire dissoudre 150 gr. de soude caustique dans une marmite en fonte sans chauffer, en même temps que 50 gr. de potasse (si on ne veut pas employer de potasse, on peut prendre 200 gr. de soude); quand la dissolution est effectuée ajouter par petites portions 500 gr. de chaux, faire chauffer légèrement pour achever la dissolution de la chaux et évaporer jusqu'à consistance. Calciner dans un creuset et pulvériser.

Liqueur de baryte. — Telle qu'elle nous sert, elle contient 15 gr. de baryte par litre.

Liqueur de chlorure de baryum. — Nous la préparons à 50 gr. de chlorure de baryum pur par litre.

Préparation du sous-acétate neutre de plomb. — Faire dissoudre 300 gr. d'acétate de plomb dans un flacon de un litre, quand la dissolution est complète ajouter 140 gr. de litharge finement pulvérisée, faire dissoudre à une douce chaleur, affleurer et filtrer.

On peut encore acheter du sous-acétate de plomb cristallisé et faire des solutions à 30° B. par exemple.

M. Courtonne indique la méthode suivante de préparation du sous-acétate neutre de plomb :

Pour faire un litre de solution on fait dissoudre :

Acétate neutre de plomb cristallisé	350 gr.
Dans eau distillée	825 »
Et on ajoute ammoniaque à 22°	55 »

Liqueur de chlorure de magnésium. — Introduire 15 gr. de magnésie blanche dans un ballon de 250 cm³, y ajouter de l'acide chlorhydrique ; une fois l'attaque terminée, affleurer avec de l'eau distillée.

Préparation de la liqueur hydrotimétrique. — Cette liqueur est préparée généralement de telle façon qu'en prenant 40 cm³ du liquide à analyser une division de la burette hydrotimétrique ou 1° hydrotimétrique correspond à 0 gr. 0057 de chaux par litre, 22 degrés hydrotimétriques équivalent à 2 cm³ 4 de liqueur ; il y a en réalité 23 divisions pour 2 cm³ 4 ; mais la première est destinée à mesurer la quantité de liqueur nécessaire à l'obtention de la mousse avec 40 cm³ d'eau distillée. Pour la préparation on dissout 50 gr. de savon amygdalin ou de savon de Marseille dans 800 gr. d'alcool à 90°, on filtre ensuite et on ajoute 500 cm³ d'eau distillée.

Digitized by Google

Pour titrer on se sert généralement d'une solution de chlorure de calcium à 0 gr. 25 par litre; nous préférons employer l'azotate de baryum à 0 gr. 59 pour 1.000 cm³. Si la liqueur hydrotimétrique est exacte, on obtiendra environ 1 cm. de mousse persistante pendant quelques minutes avec 40 cm³ de liqueur de chlorure de calcium ou d'azotate de baryum et une quantité de liqueur hydrotimétrique correspondante à 22°. Si cette liqueur est trop forte on l'étend d'eau, il faut environ 1/23 de son poids d'eau pour abaisser son titre de 1°; si elle est trop faible il faut y faire dissoudre une nouvelle quantité de savon. Bien souvent la liqueur hydrotimétrique présente l'inconvénient de laisser au bout d'un certain temps précipiter du savon; pour éviter cet inconvénient, on devra préparer la liqueur longtemps d'avance et ne la titrer après filtration qu'après deux ou trois mois alors que la précipitation s'est effectuée.

M. Courtonne a donné la formule suivante de préparation d'une liqueur hydrotimétrique.

Dans un ballon de 1 l. environ on verse :

Huile d'olives ou huile d'amandes douces 28 gr. exactement pesés ou.	33 cm³
Soude à 35°	10 »
Alcool à 90-55°	10 »

Après quelques minutes de chauffage au bain-marie bouillant, le savon est formé. On ajoute alors 800 à 900 cm³ d'alcool à 60°, on agite quelques instants pour dissoudre le savon, puis on filtre dans un ballon jaugé de 1 l. dont on complète le volume après refroidissement avec de l'alcool à 60°.

Préparation de la liqueur cuivrique. — La liqueur cuivrique sert au dosage des sucres réducteurs.

1° Liqueur de violette.

Prendre :

A. Sulfate de cuivre cristallisé pur	36 gr. 46
Eau distillée	140 cm³
Dissoudre à l'aide d'une douce chaleur.	
B. Sel de Seignette (tartrate de potasse et de soude) . .	200 gr.
Lessive de soude caustique à 24° Bé	500 gr.
(soit à 1,20 de densité ou bien 600 cm³, à 22° Bé)	

Faire dissoudre à l'aide d'une douce chaleur, mettre la solution B refroidie dans un ballon de 1 l. et y verser la solution A refroidie. Compléter à un litre en lavant tous les récipients employés.

Digitized by Google

10 cm³ de cette liqueur correspondent à :

0 gr. 050 de saccharose
0 gr. 0526 de sucre inverti ou incristallisable
0 gr. 055 de sucre de raisin (levulose)
0 gr. 051 de sucre de raisin (dextrose) ou glucose ordinaire.

2° Liqueur de Fehling.

A. Sulfate de cuivre cristallisé pur		36 gr. 64
Eau distillée, q. s. pour faire		500 cm³
B. Sel de Seignette	200 gr. ou	173 gr.
Soude caustique ordinaire		130 gr.
Eau pour faire un total de		500 cm³

On peut conserver les liqueurs A et B séparées. Puis au moment de l'emploi on peut les mélanger par volumes égaux.

10 cm³ de liqueur de Fehling à 34 gr. 64 SO^4Cu correspondent à :

0 gr. 048 de dextrose.
0 gr. 050 de sucre inverti
0 gr. 052 de levulose, etc.

Les liqueurs cuivriques doivent être conservées à l'abri de la lumière dans des flacons en verre coloré bleu et bien bouchés.

Vérification de la liqueur cuivrique. — En vue de cette vérification, dans un ballon de 1 l. mettre 4 gr. 75 de sucre cristallisé pur et sec (du bon raffiné suffit) (¹) avec 200 cm³ d'eau et 20 cm³ d'une liqueur acide représentant 2 gr. d'acide monohydraté pour les 20 cm³.

Chauffer au bain-marie bouillant pendant 20 à 25 minutes.

Un chauffage prolongé est sans inconvénient. Refroidir ensuite et compléter au volume total de 1000 cm³ avec de l'eau ; mélanger. On peut employer l'acide chlorhydrique pur au lieu d'acide sulfurique. On peut aussi ajouter à la solution 2 à 3 décigr. d'acide salycilique ; ou 10 à 15 centigr. de bichlorure de mercure. Mais il faut éviter une plus grande quantité de bichlorure qui peut amener une cause d'erreur par sa réduction.

L'adjonction des deux derniers produits, soit l'un, soit l'autre, a pour but d'assurer la conservation de la liqueur.

10 cm³ de cette liqueur réduisent le cuivre contenu dans 10 cm³ de liqueur cuivrique à 34 gr. 640 de sulfate de cuivre par litre.

Donc 1 cm³ de liqueur de Fehling = 0 gr. 005 de sucre inverti ou glucose.

La pratique du titrage, qui a lieu à l'ébullition, se fait ainsi que nous l'indiquerons au chapitre spécial du dosage des sucres réducteurs.

(¹) M. H. Pellet conseille 4 gr. 76 de raffiné.

Digitized by Google

Avec la liqueur de violette 10 cm³ de liqueur de glucose réduisent 10 cm³ 52 de liqueur cuivrique.

Quelques chimistes établissent leur liqueur type de glucose en ajoutant après le chauffage destiné à pratiquer l'inversion, et une fois le liquide refroidi, un peu de carbonate de soude, afin de neutraliser la solution et même de la rendre alcaline. Cette addition de carbonate de soude doit se faire avec précaution, pour éviter l'effervescence et les projections. On complète ensuite à un litre, on mélange et on conserve en flacons bien bouchés à l'émeri.

Préparation de la teinture de tournesol. — Prendre 800 gr. de tournesol en pains, les pulvériser, et les faire digérer avec 1 l. 500 d'alcool à 85°. Laisser en contact 24 heures. Décanter l'alcool qui a dissous une matière colorante rouge. Une fois l'alcool séparé, mettre 4 l. d'eau sur le tournesol ; mélanger et maintenir une heure à l'ébullition en agitant de temps en temps. Laisser déposer plusieurs jours, décanter le liquide clair et le conserver dans des flacons fermés d'un tampon d'ouate. Cette teinture est la teinture brute.

Pour sensibiliser cette teinture qui est alcaline, en partager un volume en deux volumes, puis dans une des moitiés, ajouter de l'acide sulfurique dilué jusqu'à ce que la teinte passe au rouge vineux violet. Réunir alors les 2 moitiés, et ajouter après mélange 10 cm³ d'alcool à 85° pour 90 cm³ de teinture.

Laisser reposer et décanter en conservant dans un flacon bouché par de l'ouate.

Préparation de la teinture de phénol phtaléine. — Peser 15 gr. par litre d'alcool à 90° de phénol phtaléine en poudre — neutraliser par une solution de potasse ou mieux d'eau de chaux ajoutée petit à petit (ne jamais se servir d'ammoniaque) jusqu'à apparition d'une très faible teinte rose, laisser reposer : la teinte rose faible disparaît au bout d'un certain temps. La teinture est neutre.

Préparation du papier sensible de tournesol neutre. — Avec la teinture de tournesol sensible ci-dessus diluée de 2 à 3 volumes d'eau, on étend avec un pinceau plat forme blaireau sur du papier collé, couché ou glacé blanc un peu fort et de préparation soignée. Laisser sécher les feuilles snspendues à l'abri de toutes vapeurs acides ou alcalines. Découper les feuilles en languettes et conserver dans des bocaux ou conserves bouchées à l'émeri.

Digitized by Google

CHAPITRE V

—

DES PURETÉS RÉELLES ET APPARENTES ET DES TABLES DE CONCORDANCE

Avant d'entrer plus avant dans l'étude des procédés employés pour l'analyse des matières sucrées, il nous paraît utile de donner quelques définitions usuelles, absolument nécessaires pour faciliter l'assimilation de ces procédés.

SUCRE EN POIDS ET SUCRE EN VOLUME

Pour déterminer le sucre dans une solution limpide et peu colorée, il suffit de remplir de cette solution un tube polarimétrique de 0 m. 200, et de multiplier le degré de la déviation relevé sur l'échelle saccharimétrique par le centième du poids normal type.

Soit : $\frac{P_n}{100}$; le poids normal étant désigné par P_n.

On a ainsi le *sucre en volume*, exprimé en grammes pour 100 cm³ de la solution.

Si l'on pèse de cette solution, soit une fois le poids normal, soit *n* fois le poids normal, et qu'on fasse passer la quantité ainsi pesée, avec les précautions d'usage, dans un volume de 100 cm³ ou de N fois 100 cm³, complété avec de l'eau, on obtient une nouvelle solution, qui observée au saccharimètre donne cette fois une autre déviation, plus faible que la première. Cette déviation est *le sucre en poids ;* c'est-à-dire le sucre exprimé en grammes pour 100 gr. de la solution primitive.

Ces deux résultats évidemment sont liés par la relation connue :

$$P = V \times D.$$

Dans laquelle P est le poids, V le volume, et D la densité du corps ou liquide considéré.

Digitized by Google

Et, il aurait suffi de déterminer exactement la densité de la solution à analyser pour, connaissant le sucre en volume, obtenir le sucre en poids ou réciproquement ; car,

Sucre Volume = Sucre Poids × Densité réelle.

Mais la densité réelle correspond elle-même à un taux déterminé de sucre en solution, taux que nous aurions pu lire directement sur la tige de l'aréomètre si, au lieu d'un densimètre, nous avions plongé dans le liquide un saccharomètre Brix, gradué en degré de sucre, ainsi que nous l'avons dit. Nous aurions ainsi déterminé le sucre ou le *Brix poids* de la solution et le Brix poids serait égal au sucre en poids que nous aurions déterminé par les moyens optiques. Ceci pour une solution considérée pure.

Il n'en serait pas de même avec une solution *impure de même densité* que la solution pure. Dans cette dernière, le degré Brix est le même, mais il n'indique plus que *le taux de sucre que la solution aurait contenu si elle eût été pure.*

Il indique, en d'autres termes, le *poids des matières sèches apparentes* dissoutes. C'est là le *Brix apparent.*

En effet, la solution pure comprend un certain poids de sucre pur S, dissous dans un certain volume d'eau E ; le tout formant une unité de volume de Densité connue D.

Soit :

$$S + E = 100 \text{ cm}^3 \text{ par exemple}$$

La solution impure de même densité et même volume se compose d'un certain poids de sucre pur S′, plus un certain poids de matières minérales et organiques dissoutes, impuretés appelées non sucre, que nous désignerons par la lettre N ; et enfin d'une certaine quantité d'eau E′.

Le tout formant la même unité de volume, sous la densité connue D.

Soit :

$$S' + E' + N = 100 \text{ cm}^3 \text{ par exemple.}$$

Or :

$$S + E = S' + E' + N \text{ en volume}$$

et l'on voit de suite que la densité de l'eau étant toujours 1, les matières sèches apparentes dissoutes composées de :

$$S' + N$$

ne pourraient avoir ensemble le poids de S que si N possédait la

Digitized by Google

même densité que le sucre, celle commune à S et S′ : ce qui n'est pas en réalité.

C'est pourquoi l'ensemble des matières sèches dissoutes indiqué dans ce cas par l'aréomètre Brix est dit apparent par convention.

DES PURETÉS APPARENTES ET DES PURETÉES RÉELLES

Nous ne pouvons donc pas déterminer le sucre S′ par la méthode des densités ou des Brix, qui ne nous donne que la somme

$$S' + N$$

et nous aurons pour ce faire recours au polarimètre.

Lorsque la solution ne sera pas limpide, nous nous servirons du sous-acétate de plomb et de la filtration pour la décolorer et la clarifier, ainsi que nous le verrons plus loin.

Connaissant S′ par le polarimètre et $S' + N = S$ par la méthode des Brix, il est facile de déterminer la pureté.

La pureté est, par définition, le sucre réel polarimétrique, multiplié par 100 et divisé par les matières sèches totales dissoutes.

Soit QP, le quotient de pureté :

$$QP = \frac{100\ S'}{S' + N} = \frac{100\ S'}{S} = \frac{100\ S'}{M'}$$

S étant le sucre total dissous, nous le répétons, dans la solution pure de même densité que celle qui contient S′, mais qui est impure. M′ étant encore les matières sèches totales dissoutes apparentes, en posant :

$$S' + N = M'$$

C'est là la pureté apparente.

Lorsque la solution sucrée n'est établie qu'avec du sucre pur et de l'eau pure, le non sucre n'existe pas, il n'y a d'autres matières sèches en solution que le sucre et $S' + N$ devient égal à S.

$$S' + N = S$$

Alors l'expression de la pureté devient :

$$\frac{100 \times S}{S} = 100$$

ce qui est par définition même son expression maxima.

De la pureté réelle. — Mais, si par un procédé que nous décrirons plus tard, nous arrivons à dessécher un poids connu de la so-

Digitized by Google

lution impure de manière à en doser l'eau E', nous connaîtrons alors par la balance de précision le poids réel des matières sèches dissoutes. Soit S' + N ce poids :

$$S' + N = 100 - E'.$$

Ce sera cette fois le Brix réel, dans lequel nous connaissons S' par la méthode du polarimètre, et N en sortira avec sa valeur, non plus apparente, mais réelle.

Et dès lors, la pureté sera exprimée encore par :

$$QP = \frac{100\ S'}{S' + N} = \frac{100\ S'}{M}$$

dans laquelle N a une autre valeur que précédemment, sa valeur réelle. C'est là la pureté réelle.

Et en posant :

$$S' + N = M$$

M sera « les matières sèches totales réelles dissoutes ».

On voit donc que plus un produit est pur, c'est-à-dire plus sa pureté tend vers 100, plus les puretés apparentes et les puretés réelles tendent à se confondre pour devenir égales à la limite maxima de pureté.

Au contraire, plus les produits sont impurs, plus la pureté réelle et la pureté apparente diffèrent. La pureté réelle étant toujours plus forte que la pureté apparente, parce que la densité réelle de N est plus faible que la valeur que lui attribue le Brix apparent, lequel lui donne la densité du sucre.

Tandis que la détermination du Brix réel par la dessiccation est une opération longue, minutieuse, et parfois incertaine ainsi que nous le montrerons ; au contraire, la détermination du Brix apparent est rapide, c'est pourquoi l'analyse apparente suffit aux besoins ordinaires de l'Industrie sucrière qui demande avant tout des résultats comparatifs suffisamment précis et rapidement obtenus.

DES TABLES DE CONCORDANCE, OU TABLES DE TITRAGE DES SOLUTIONS SUCRÉES

On a vu que pour calculer une pureté apparente, il était nécessaire de connaître le Brix apparent ou à défaut, la densité correspondante.

Les relations qui lient les densités des solutions pures, et les poids

Digitized by Google

de sucre qu'elles peuvent contenir, auraient pu être calculées au moyen des poids respectifs de l'eau et du sucre mis à dissoudre dans cette eau, si la dissolution du sucre dans l'eau distillée ne donnait lieu à une certaine contraction du mélange.

C'est pourquoi les densités des solutions sucrées n'ont pu être établies que par l'expérience.

On sait que la densité est le poids de l'unité de volume d'un liquide par rapport au poids d'un même volume d'eau.

Ce volume d'eau théoriquement doit être pris à 4° C., température à laquelle l'eau est à son maximum de densité et son poids doit être déterminé dans le vide.

Mais en pratique, on a pris la mauvaise habitude de prendre, dans la détermination des densités, ce volume d'eau à des températures autres, qui sont :

De 15° C. en France ; en Allemagne et autrefois de 17°5 (soit 14 Réaumur) remplacé depuis par 15° C., par décision de la Commission impériale allemande des poids et mesures prise en 1890. Enfin de 20° C., dans la détermination des constantes physico-chimiques.

De là quelques variétés dans les chiffres des diverses tables, puisque les densités ne sont pas exprimées par les mêmes chiffres, à cause des différences de températures.

De plus, et suivant les expérimentateurs, le point de départ diffère.

MM. Vivien, Dupont, Barbet, etc., ont fourni des tables, restées isolées. Balling en 1854 ; de Gerlach en 1863-1864 ; la Commission Impériale allemande des poids et mesures en 1898 et 1900 ont publié des tables qui font autorité (travaux du Dr Plato).

La table de Balling, établie pour 17°5 C., fut remaniée par M. Brix et complétée par MM. Mategczeck et Scheibler. D'où le nom de degrés Brix donné aux taux de sucre exprimés en grammes pour 100 gr. des solutions pures.

La table de Gerlach, établie pour 17°5 C., fut reprise en 1890 par Scheibler qui en fit l'adaptation à la température de 15° C., après l'avoir vérifiée par la méthode des plus petits carrés. En 1891, Scheibler publiait le volume intitulé : *Le titrage des solutions sucrées*. Cette table donne les Brix poids au $\frac{1}{100}$. Elle sert actuellement en Allemagne et dans quelques laboratoires français.

A l'instigation de la Commission allemande des poids et mesures,

Digitized by Google

le Dr Plato fit de son côté de minutieuses recherches qui conduisirent la Commission à publier le résultat de ses travaux en 1900.

On eut ainsi : 1° une table à 15° C., en dixièmes de Brix.

2° Une table pour différentes températures des volumes d'eau en degrés Brix.

3° Une table, établie pour la température normale de 20° C. et rapportée aux volumes d'eau à 4° C.

Déjà en 1898, au 3e Congrès international de chimie, à Vienne, M. Weinstein avait présenté une table déduite des expériences du Dr Plato.

En 1908, M. D. Sidersky a publié des tables très détaillées, établies pour toutes les températures comprises entre 10° et 30° C.

La nouvelle table de Plato à 15° C. concorde assez bien avec l'ancienne table de Balling Brix à 17°5 C.

Mais les tables de Plato, peu pratiques, ont été tranformées par M. Windisch, et M. Buisson les a ramenées aux densités métriques. Le laboratoire du Syndicat des fabricants de sucre de France, sous la direction de M. Saillard, a publié également une table donnant, d'après MM. Windisch et Buisson, le sucre pour 100 gr. de solution ou 100 cm³ d'après les poids spécifiques à 15°/4° rapportés au vide (feuilles roses du syndicat, c'est cette table que nous reproduisons, voir table III). (1) Quelle que soit la table adoptée, et quel que soit l'instrument ou saccharomètre dont on fasse usage concurremment, il faut, pour obtenir des résultats précis, opérer à une température normale qui sera de 15° C. pour les instruments français et de 17°5 C. pour les saccharomètres Brix, dont on se sert en Allemagne. Cette condition n'étant pas toujours facile à remplir, on a dû adjoindre à chaque table, des tables de correction de températures ramenant les degrés Brix aux températures normales. Nous donnons ici (p. 105) :

(1) La table III bis complète la table III ; mais cette dernière a le défaut de ne donner les brix-poids que par une échelle allant de dixièmes en dixièmes, alors qu'il est nécessaire pour l'usage des brix-instruments d'avoir une plus grande étendue des évaluations de la table.

Soit une échelle en centièmes de brix-poids au moins. On a donc été obligé de calculer en centièmes de brix-poids mais ce travail a été fait au titre privé et est resté tel.

D'autre part M. Delenclos a calculé la table à $\frac{15°}{4}$ du Syndicat en l'étendant au 1/50 de brix-poids ; et en y ajoutant le sucre pour 100 cm³, d'après les lectures polarimétriques des solutions à 100 — 110 cm³ de jus, il a calculé de plus les puretés correspondantes.

Digitized by Google

Densités et Extraits des Solutions sucrées

Table III. — *Nouvelles tables adaptées à l'Aréométrie française*
Par M. Emile Saillard

(D'après les Tables dressées par la Commission impériale des poids et mesures en Allemagne)

Densité réelle à 15° C	Sucre 0/0 cm³ de solution en gr.	Sucre 0/0 gr. de solution en gr.	Densité réelle à 15° C	Sucre 0/0 cm³ de solution en gr.	Sucre 0/0 gr. de solution en gr.	Densité réelle à 15° C	Sucre 0/0 cm³ de solution en gr.	Sucre 0/0 gr. de solution en gr.	Densité réelle à 15° C	Sucre 0/0 cm³ de solution en gr.	Sucre 0/0 gr. de solution en gr.	Densité réelle à 15° C	Sucre 0/0 cm³ de solution en gr.	Sucre 0/0 gr. de solution en gr.	Densité réelle à 15° C	Sucre 0/0 cm³ de solution en gr.	Sucre 0/0 gr. de solution en gr.
0,99.913	0	0	1.01.88	5,09	5,0	1.03.88	10,28	9,9	1.05.95	15,68	14,8	1.08.01	21,06	19,5	1.10.18	26,77	24,3
0,99.952	0,09995	0,1	1.92	5,20	5,1	3.92	10,39	10,0	5.99	15,79	14,9	8.05	21,18	19,6	10.23	26,89	24,4
0,99.990	0,19998	0,2	1.96	5,30	5,2	3 96	10,50	10,1				8.10	21,29	19,7	10.27	27,01	24,5
1.00.029	0,3001	0,3										8.14	21,41	19,8	10 32	27,14	24,6
0.068	0,4002	0,4	1.02.00	5,40	5,3	1.04 01	10,61	10,2	1.06.04	15,90	15,0	8.19	21,53	19,9	10.36	27,26	24,7
0.107	0,5005	0,5	2.04	5,51	5,4	4.05	10,72	10,3	6.08	16,02	15,1	8.23	21,65	20,0	10.41	27,38	24,8
0.146	0,6008	0,6	2.08	5,61	5,5	4.09	10,82	10,4	6.12	16,13	15,2	8 28	21,76	20,1	10.46	27,50	24,9
0.185	0,7013	0,7	2.12	5,72	5,6	4.13	10,93	10,5	6.17	16,24	15,3	8.32	21,88	20,2	10.50	27,62	25,0
0.224	0,8018	0,8	2.16	5,82	5,7	4.17	11,04	10,6	6.21	16,35	15,4	8.37	22,0	20,3	10 55	27,75	25,1
0.263	0,9023	0,9	2.20	5,93	5,8	4 21	11,15	10,7	6.25	16,47	15,5	8.41	22,11	20,4	10.60	27,87	25,2
0.302	1,0030	1,0	2.24	6,03	5,9	4.25	11,26	10,8	6.30	16,58	15,6	8 45	22,23	20,5	10.64	27,99	25,3
0.341	1,1037	1,1	2.28	6,14	6,0	4.30	11,37	10,9	6.34	16,69	15,7	8.50	22,35	20,6	10 69	28,11	25,4
0.380	1,2045	1,2	2.32	6,24	6,1	4.34	11,47	11,0	6.38	16,81	15,8	8 55	22,47	20,7	10.73	28,23	25,5
0.419	1,3054	1,3	2.36	6,35	6,2	4.38	11,58	11,1	6.43	16,92	15,9	8.59	22,58	20,8	10.78	28,36	25,6
0.458	1,4064	1,4	2.41	6,45	6,3	4.42	11,69	11,2	6.47	17,03	16,0	8.64	22,70	20,9	10.83	28.48	25,7
0.497	1,5074	1,5	2.45	6,55	6,4	4 47	11,80	11,3	6.51	17,15	16,1	8 68	22,82	21,0	10.87	28,60	25,8
0.536	1,6085	1,6	2.49	6,66	6,5	4.51	11,91	11,4	6.56	17,26	16,2	8.72	22,94	21,1	10 92	28,73	25,9
0 576	1,7098	1,7	2.53	6,76	6,6	4.55	12,02	11,5	6.60	17,37	16,3	8.77	23,06	21,2	10.97	28,85	26,0
0.615	1,8110	1,8	2 57	6,87	6,7	4.59	12,13	11,6	6.64	17,49	16,4	8 81	23,18	21,3			
0.654	1,9126	1,9	2.61	6,97	6,8	4 63	12,24	11,7	6.69	17,60	16,5	8.86	23,29	21,4	1.11.01	28,97	26,1

Digitized by Google

0.693	2,0138	2,0	2.65	7,08	6,9	4 68	12,35	11,8	6,73	17,72	16,6	8.91	23,41	21,5	11.00	29,10	26,2
0.732	2,1153	2,1	2 69	7,19	7,0	4.72	12,46	11,9	6,77	17,83	16,7	8 95	23,53	21,6	11.11	29,22	26,3
0.772	2,2169	2,2	2.73	7,29	7,1	4.76	12,57	12,0	6,82	17,94	16,8	8.99	23,65	21,7	11.15	29,34	26,4
0.811	2,3186	2,3	2.77	7,40	7,2	4.80	12,68	12,1	6,86	17,06	16,9				11.20	29,47	26,5
0.851	2,4204	2,4	2.81	7,50	7,3	4 84	12,79	12,2	6,91	17,17	17,0	1.09.04	23,77	21,8	11.25	29,59	26,6
0.890	2,5222	2,5	2 85	7,61	7,4	4.89	12,90	12,3	6,95	17,28	17,1	9.09	23,89	21,9	11.30	29,71	26,7
0 929	2,6241	2,6	2.89	7,72	7,5	4.93	13,01	12,4	6,99	17,40	17,2	9.13	24,01	22,0	11 34	29,84	26,8
0.969	2,7261	2,7	1.02 93	7,82	7,6	4.97	13,12	12,5				9.18	24,12	22,1	11.39	29,96	26,9
			2.97	7,93	7,7							9.22	24,24	22,2	11.44	30,09	27,0
1.01.008	2,8282	2,8				1.05.01	13,23	12,6	1.07.04	18,52	17,3	9.27	24,36	22,3	11.48	30,21	27,1
1.048	2,9303	3,9	1.03.02	8,03	7,8	5.05	13,34	12,7	7.08	18,63	17,4	9.31	24,48	22,4	11.53	30,33	27,2
1.087	3,0326	3,0	3.06	8,14	7,9	5.10	13,45	12,8	7.12	18,74	17,5	9.36	24,60	22,5	11.58	30,46	27,3
1.127	3,1349	3,1	3.10	8.25	8,0	5.14	13,56	12,9	7.17	18,86	17,6	9.40	24,72	22,6	11.62	30,58	27,4
1.167	3,2373	3,2	3.14	8,36	8,1	5.18	13,67	13,0	7.21	18,97	17,7	9.45	24,84	22,7	11.67	30,71	27,5
1.206	3,3398	3 3	3.18	8,46	8,2	5.23	13,78	13,1	7.26	19,09	17,8	9 49	24,96	22,8	11.72	30,83	27,6
1.246	3,4433	3,4	3.22	8,57	8,3	5.27	14,89	13,2	7.30	19,21	17,9	9.54	25,08	22,9	11.77	30,96	27,7
1.285	3,5450	3,5	3.26	8,67	8,4	5.31	14,00	13,3	7 35	19,32	18,0	9 59	25,20	23,0	11.81	31,08	27,8
1.325	3,6477	3,6	3.30	8,78	8,5	5.35	14,11	13,4	7.39	19,43	18,1	9.63	25,32	23,1	11 86	31,21	27,9
1.36	3,75	3,7	3.34	8,89	8,6	5.40	14,23	13,5	7.43	19,55	18,2	9.68	25,44	23,2	11.91	31,33	28
1 40	3,85	3,8	3.38	8,99	8,7	5.44	14,34	13,6	7.48	19,67	18,3	9.72	25,56	23,3	11.95	31,46	28,1
1.44	3,95	3,9	3.43	9,10	8,8	5.48	14,45	13,7	7 52	19,78	18,4	9.77	25.68	23,4			
1.48	4,06	4,0	3.47	9,21	8,9	5.52	14,56	13,8	7.56	19,90	18,5	9.81	25,80	23,5			
1.52	4,16	4,1	3.51	9,31	9,0	5.57	14,67	13,9	7 61	20,01	18,6	9.86	25,92	23,6	12.00	31,58	28,2
1.56	4,26	4,2	3.55	9,42	9,1	5.61	14,78	14,0	7.65	20,13	18,7	9.90	26,04	23,7	12.05	31,71	28,3
1.60	4,37	4,3	3 59	9,53	9,2	5.65	15,90	14,1	7.69	20,25	18,8	9.95	26,17	23,8	12 10	31,83	28,4
1.64	4,47	4,4	3.63	9,64	9,3	5 69	15,01	14,2	7.74	20,36	18,9				12.14	31,96	28,5
1.68	4,57	4,5	3.67	9,74	9,4	5.74	15,12	14,3	7.79	20,48	19,0				12.19	32,08	28.6
1.72	4,68	4,6	3.72	9,85	9,5	5.78	15,23	14,4	7 83	20,59	19,1	1.10 00	26,29	23,9	12.24	32,21	28,7
1.76	4,78	4,7	3.76	9,96	9,6	5.82	15,34	14,5	7.87	20,71	19,2	10.04	26,41	24,0	12 29	32,34	28,8
1.80	4,88	4,8	3.80	10,07	9,7	5.87	15,45	14,6	7 92	20,83	19,3	10.09	26,53	24,1	12.33	32,46	28,9
1.84	4,99	4,9	3.84	10,17	9,8	5.91	15,57	14,7	7.96	20,94	16,4	10.13	26,65	24,2	12.38	32,59	29,0

Digitized by Google

TABLE III *bis*. — *Table de Corrections pour les Températures.*

A retrancher à la densité-régie lue					Densités-régie lues	A ajouter à la densité-régie lue									
10°	11°	12°	13°	14°		16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°
0,06	0,05	0,040	0,028	0,015	au-dessous de 0	0,016	0,032	0,051	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20
0,05	0,05	0,042	0,029	0,015	entre . . 0 et 1	0,016	0,034	0,053	0,07	0,09	0,11	0,13	0,16	0,18	0,21
0,07	0,06	0,046	0,032	0,017	— 1 et 2	0,018	0,036	0,036	0,07	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,22
0,08	0,06	0,051	0,034	0,018	— 2 et 3	0,019	0,038	0,059	0,08	0,10	0,12	0,15	0,17	0,20	0,23
0,09	0,07	0,055	0,038	0,020	— 3 et 4	0,021	0,041	0,063	0,08	0,11	0,13	0,16	0,18	0,21	0,24
0,09	0,07	0,059	0,040	0,021	— 4 et 5	0,022	0,044	0,067	0,09	0,11	0,14	0,17	0,19	0,22	0,25
0,10	0,08	0,062	0,042	0,022	— 5 et 6	0,023	0,046	0,070	0,09	0,12	0,15	0,18	0,20	0,23	0,26
0,11	0,09	0,066	0,045	0,023	— 6 et 7	0,024	0,049	0,074	0,10	0,13	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27
0,11	0,09	0,070	0,047	0,024	— 7 et 8	0,025	0,051	0,078	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,29
0,12	0,10	0,074	0,050	0,025	— 8 et 9	0,026	0,054	0,082	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26	0,20
0,12	0,10	0,078	0,052	0,026	— 9 et 10	0,227	0,056	0,085	0,11	0,14	0,17	0,21	0,24	0,27	0,31
0,13	0,11	0,083	0,055	0,028	— 10 et 11	0,029	0,059	0,090	0,12	0,15	0,18	0,22	0,25	0,28	0,32
0,14	0,11	0,087	0,058	0,030	— 11 et 12	0,031	0,061	0,094	0,13	0,16	0,19	0,22	0,26	0,30	0,33

Observations. — *a*) Les densités qui figurent dans le tableau ci-dessus représentent les densités réelles à 15° C., c'est-à-dire qu'elles sont rapportées à l'eau pure prise à 4° C. et sous le vide.

b) En conformité du décret du 3 août 1889, la graduation des densimètres français indique le poids spécifique des liquides à la température de 15° C. Si la lecture est faite à 15° C., il suffit donc de chercher la densité lue dans la table ci-dessus, et on trouve en regard l'extrait apparent (s'il s'agit d'un jus de fabrique) ou le sucre (s'il s'agit d'une solution sucrée pure) contenus dans 100 gr. ou 100 cm³ du jus ou de la solution.

Si la température du liquide, au moment de la lecture n'est pas 15° C., il faut corriger la densité lue en s'aidant de la table ci-contre, qui est la table allemande simplifiée. (Inutile de rappeler comment la densité-Régie se déduit de la densité réelle. A la densité réelle : 1.0823, par exemple, correspond la densité-Régie 8,23.)

c) Les balances de Mohr, de Westphal, de Reimann sont généralement construites de telle façon que, mises en place, le fléau prend la position horizontale quand le flotteur plonge dans de l'eau pure à 15° C. Elles donnent donc la densité par rapport à l'eau à 15° C. Pour pouvoir utiliser la table ci-dessus, il faut, au préalable, multiplier le résultat que ces balances donnent par la densité réelle de l'eau à 15° C., c'est-à-dire par 0,99913.

Digitized by Google

TABLE IV. — *Corrections de Températures pour les saccharomètres Brix réglés à 17°,5*

Température du jus pesé	DEGRÉS BRIX 0	5	10	15	20	25	30	35	40	50
L'aréomètre est réglé à 17°,5 C.										
	L'indication est à diminuer de									
15° C. . .	0,90	0,11	0,12	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,17
16 — . .	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,14	0,12	0,12	0,12
17 — . .	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	L'indication est à augmenter de									
18 — . .	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
19 — . .	0,06	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
20 — . .	0,11	0,14	0,15	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19
21 — . .	0,16	0,20	0,22	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26
22 — . .	0,21	0,26	0,29	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32	0,33	0,34
23 — . .	0,27	0,32	0,35	0,37	0,38	0,39	0,39	0,39	0,40	0,42
24 — . .	0,32	0,38	0,41	0,43	0,44	0,46	0,46	0,47	0,47	0,50
25 — . .	0,37	0,44	0,47	0,49	0,51	0,53	0,54	0,55	0,55	0,58
26 — . .	0,43	0,50	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,61	0,62	0,66
27 — . .	0,49	0,57	0,61	0,63	0,65	0,68	0,68	0,69	0,70	0,74
28 — . .	0,56	0,64	0,68	0,70	0,72	0,76	0,70	0,78	0,78	0,82
29 — . .	0,63	0,71	0,75	0,78	0,79	0,84	0,84	0,86	0,86	0,90
30 — . .	0,70	0,78	0,82	0,87	0,87	0,92	0,92	0,94	0,94	0,98
31 — . .	0,78	0,85	0,90	0,94	0,95	1,00	1,00	1,02	1,02	1,06
32 — . .	0,86	0,93	0,98	1,01	1,03	1,08	1,08	1,10	1,10	1,14
33 — . .	0,94	1,01	1,06	1,08	1,12	1,16	1,16	1,18	1,18	1,22
34 — . .	1,02	1,09	1,14	1,16	1,21	1,24	1,24	1,26	1,27	1,33
35 — . .	1,10	1,17	1,22	1,24	1,30	1,32	1,33	1,35	1,36	1,89
L'aréomètre est réglé à 27°,5 C.										
	L'indication est à diminuer de									
15° C. . .	0,61	0,71	0,75	0,80	0,82	0,87	0,88	0,91	0,91	0,95
16 — . .	0,58	0,67	0,71	0,75	0,78	0,82	0,83	0,86	0,87	0,90
17 — . .	0,54	0,62	0,66	0,69	0,71	0,76	0,76	0,78	0,79	0,82
18 — . .	0,50	0,57	0,60	0,63	0,65	0,69	0,69	0,70	0,71	0,76
19 — . .	0,46	0,52	0,55	0,57	0,59	0,62	0,62	0,63	0,64	0,68
20 — . .	0,41	0,46	0,48	0,49	0,51	0,54	0,54	0,55	0,56	0,59
21 — . .	0,36	0,40	0,41	0,42	0,44	0,47	0,47	0,48	0,48	0,52
22 — . .	0,31	0,34	0,34	0,35	0,37	0,40	0,40	0,41	0,41	0,44
23 — . .	0,25	0,28	0,28	0,29	0,30	0,33	0,33	0,34	0,34	0,36
24 — . .	0,20	0,22	0,22	0,23	0,23	0,26	0,26	0,26	0,26	0,28
25 — . .	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20
26 — . .	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
27 — . .	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	L'indication est à augmenter de									
28 — . .	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
29 — . .	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
30 — . .	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
31 — . .	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
32 — . .	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
33 — . .	0,42	0,42	0,42	0,42	0,43	0,41	0,44	0,44	0,44	0,44
34 — . .	0,50	0,50	0,50	0,50	0,51	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
35 — . .	0,58	0,58	0,59	0,59	0,60	0,60	0,61	0,61	0,61	0,61

Digitized by Google

TABLE IV *bis*. — *Table des Corrections pour la Température, s'appliquant aux Brix-Poids, instruments établis pour la Température de* 15° C.

Températures	A retrancher du Brix-Poids observé				
	10°	11°	12°	13°	14°
Brix de 0 à 3	0,12	0,10	0,08	0,06	0,03
3 à 4	0,14	0,12	0,09	0,06	0,03
4 à 5	0,15	0,13	0,10	0,07	0,04
5 à 7	0,16	0,13	0,10	0,07	0,04
7 à 8	0,17	0,14	0,11	0,08	0,04
8 à 10	0,18	0,15	0,12	0,08	0,04
10 à 12	0,19	0,16	0,13	0,09	0,05
12 à 14	0,20	0,17	0,13	0,09	0,05
14 à 16	0,22	0,18	0,14	0,09	0,05
16 à 10	0,23	0,19	0,14	0,10	0,05
18 à 22	0,24	0,20	0,15	0,10	0,05
20 à 32	0,25	0,20	0,16	0,11	0,05
22 à 24	0,26	0,21	0,16	0,11	0,06
24 à 26	0,27	0,22	0,17	0,11	0,06
26 à 28	0,28	0,23	0,17	0,12	0,06
28 à 30	0,29	0,24	0,18	0,12	0,07

TABLE IV *bis* (*suite*). — *Table des corrections pour la Température, s'appliquant aux Brix-Poids, instruments établis pour la Température de* 15° C.

Températures	A ajouter au Brix-poids observé						
	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°
Brix de 0 à 1	0,03	0,07	0,11	0,15	0,20	0,24	0,29
1 à 2	0,03	0,07	0,11	0,16	0,20	0,25	0,30
2 à 3	0,04	0,08	0,12	0,16	0,21	0,26	0,31
3 à 4	0,04	0,08	0,12	0,16	0,21	0,27	0,32
4 à 5	0,04	0,08	0,12	0,17	0,22	0,27	0,33
5 à 6	0,04	0,08	0,13	0,18	0,23	0,29	0,34
6 à 7	0,04	0,08	0,13	0,18	0,23	0,29	0,35
7 à 8	0,04	0,09	0,13	0,19	0,24	0,30	0,35
8 à 10	0,04	0,09	0,14	0,19	0,25	0,30	0,36
10 à 12	0,05	0,09	0,15	0,20	0,26	0,31	0,37
12 à 14	0,05	0,10	0,15	0,21	0,27	0,33	0,39
14 à 16	0,05	0,10	0,16	0,22	0,28	0,34	0,40
16 à 18	0,05	0,11	0,16	0,22	0,28	0,35	0,41
18 à 20	0,05	0,11	0,17	0,23	0,29	0,36	0,42
20 à 22	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,37	0,43
22 à 24	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,37	0,44
24 à 26	0,06	0,12	0,18	0,25	0,31	0,38	0,45
26 à 28	0,06	0,12	0,19	0,25	0,32	0,38	0,45
28 à 30	0,07	0,13	0,19	0,26	0,32	0,39	0,46

Digitized by Google

TABLE IV *bis* (*suite et fin*). — *Table des corrections pour les Températures s'appliquant aux Brix-Poids instruments établis pour la Température de* 15° C.

Températures	A ajouter au Brix-Poids observé							
	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°
Brix de 0 à 1	0,35	0,40	0,46	0,52	0,58	0,65	0,72	0,79
1 à 2	0,36	0,41	0,47	0,53	0,60	0,67	0,74	0,81
2 à 3	0,37	0,42	0,48	0,55	0,62	0,69	0,76	0,83
3 à 4	0,38	0,44	0,50	0,57	0,64	0,71	0,78	0,85
4 à 5	0,39	0,45	0,51	0,58	0,65	0,72	0,79	0,86
5 à 6	0,40	0,46	0,53	0,60	0,66	0,73	0,80	0,87
6 à 7	0,41	0,47	0,54	0,61	0,67	0,74	0,81	0,88
7 à 8	0,42	0,48	0,54	0,61	0,68	0,75	0,82	0,90
8 à 10	0,43	0,49	0,55	0,62	0,69	0,76	0,83	0,91
10 à 12	0,44	0,50	0,57	0,64	0,71	0,78	0,85	0,93
12 à 14	0,46	0,52	0,59	0,66	0,73	0,80	0,87	0,95
14 à 16	0,47	0,53	0,60	0,67	0,74	0,81	0,89	0,97
16 à 18	0,48	0,55	0,61	0,68	0,75	0,83	0,91	0,99
18 à 20	0,49	0,56	0,63	0,70	0,77	0,85	0,93	1,01
20 à 22	0,50	0,57	0,64	0,71	0,78	0,86	0,94	1,02
22 à 24	0,51	0,58	0,65	0,72	0,80	0,88	0,96	1,04
24 à 26	0,52	0,59	0,66	0,73	0,81	0,89	0,97	1,05
26 à 28	0,52	0,60	0,67	0,74	0,82	0,91	0,98	1,06
28 à 30	0,53	0,61	0,68	0,75	0,83	0,92	1,00	1,07

1° La table de correction pour les températures, applicable aux aréomètres Brix, gradués à la température de 14° Réaumur soit 17°5 C., d'après Gerlach (table IV) et (IV bis) pour ceux réglés à 15°.

2° La table des corrections pour les températures, applicable aux densimètres français pour ramener à 15° C. leurs indications (table V).

3° La table des corrections pour les températures, applicable aux densimètres français, pour ramener à 20° C. leurs indications (table VI).

4° La table complète de correction des densités suivant les températures, d'après F. Dupont (table VII).

5° La comparaison entre les titres de sucre, les degrés Baumé et les densités à 15° C. des solutions sucrées pures (table VIII).

6° Enfin la table de Balling ou table des corrélations entre les densités et les richesses des solutions de sucre pur (table IX).

Digitized by Google

TABLE V. — *Corrections de Temperatures pour ramener à 15° les indications du densimètre faites à t°*

Températures t° d'observations	Densités de 1000 à 1020	Densités de 1020 à 1030	Densités de 1030 à 1040	Densités de 1040 à 1050	Densités de 1050 à 1060	Densités de 1060 à 1070	Densités de 1070 à 1080
			A soustraire de la densité				
10°	0,01	0,08	0,09	0,09	0,10	0,11	0,11
11	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09
12	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07
13	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
14	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
			A ajouter à la densité				
16°	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
17	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
18	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
19	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11
20	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14
21	0,12	0,12	0,14	0,14	0,14	0,15	0,17
22	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	0,20
23	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	0,22

TABLE VI. — *Corrections des Températures pour ramener à 20° les indications du densimètre faites à t°*

Températures t° d'observations	Densités de 1000 à 10020	Densités de 1020 à 1030	Densités de 1030 à 1040	Densités de 1040 à 1050	Densités de 1050 à 1060	Densités de 1060 à 1070	Densités de 1070 à 1080
			A soustraire de la densité				
15°	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13
16	0,07	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,11
17	0,05	0,06	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08
18	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
19	0,02	0,02	0,29	0,02	0,02	0,02	0,02
			A ajouter à la densité				
21°	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
22	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06
23	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09
24	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,12	0,12
25	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15
26	0,15	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	0,18
27	0,18	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,22
28	0,20	0,21	0,22	0,23	0,23	0,25	0,25
29	0,23	0,24	0,25	0,26	0,26	0,28	0,29
30	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32

Digitized by Google

TABLE VII. — *Table de correction des densités suivant les températures*, d'après Dupont

Températures en degrés centigrades	5°	5°,1	5°,2	5°,3	5°,4	5°,5	5°,6	5°,7	5°,8	5°,9	6°	6°,1	6°,2	6°,3	6°,4	6°,5
1°	4°,725	4°,825	4°,925	5°,035	5°,125	5°,225	5°,325	5°,45	5°,55	5°,65	5°,725	5°,825	5°,925	6°,025	6°,125	6°,225
2.	4, 725	4, 85	4, 95	5, 05	5, 150	5, 250	5, 350	5, 45	5, 55	5, 65	5, 75	5, 85	5, 95	6, 05	6, 15	6, 25
3.	4, 75	4, 85	4, 95	5, 05	5, 15	5, 275	5, 375	5, 475	5, 575	5, 675	5, 75	5, 85	5, 95	6, 05	6, 15	6, 25
4.	4, 75	4, 875	4, 975	5 ,075	5, 175	5, 275	5, 375	5, 475	5, 575	5, 675	5, 775	5, 875	5, 975	6, 075	6, 175	6, 275
5.	4, 775	4, 9	5, 0	5, 1	5, 2	5, 3	5, 4	5, 5	5, 6	5, 7	5, 8	5, 9	6, 0	6, 1	6, 2	6, 3
6.	4; 8	4, 9	5, 0	5, 1	5, 225	5, 325	5, 425	5, 525	5, 625	5, 725	5, 825	5, 925	6, 025	6, 125	6, 225	6, 325
7.	4, 8	4, 925	5, 025	5, 125	5, 225	5, 325	5, 425	5, 525	5, 625	5, 725	5, 825	5, 950	6, 05	6, 15	6, 25	6, 35
8.	4; 825	4, 95	5, 05	5, 15	5, 25	5, 35	5, 45	5, 550	5, 65	5, 75	5, 85	5, 95	6, 05	6, 15	6, 25	6, 35
9.	4, 85	4, 975	5, 075	5, 175	5, 275	5, 375	5, 475	5, 575	5, 675	5, 775	5, 875	5, 975	6, 075	6, 175	6, 275	6, 65
10.	4, 875	4, 975	5, 1	5, 2	5, 3	5, 4	5, 5	5, 6	5, 7	5, 8	5, 9	6	6, 1	6, 2	6, 3	6, 4
11.	4, 9	5, 0	5, 1	5, 2	5, 3	5, 4	5, 525	5, 625	5, 725	5, 825	5, 925	6, 025	6, 125	6, 225	6, 325	6, 425
12.	4, 925	5, 025	5, 125	5, 225	5, 325	5, 425	5, 525	5, 625	5, 725	5, 825	5, 925	6, 05	6, 15	6, 25	6, 35	6, 45
13.	4, 950	5, 05	5, 15	5, 25	5, 35	5, 45	5, 55	5, 65	5, 75	5, 85	5, 95	6, 05	6, 15	6, 25	6, 375	6, 475
14.	4, 975	5, 075	5, 175	5, 275	5, 375	5, 475	5, 575	5, 675	5, 775	5, 875	5, 975	6, 075	6, 175	6, 275	6, 375	6, 475
15.	5°	5°,1	5°,2	5°,3	5°,4	5°,5	5°,6	5°,7	5°,8	5°,9	6°	6°,1	6°,2	6°,3	6°,4	6, 5
Températures en degrés centigrades	**5°**	**5°,1**	**5°,2**	**5°,3**	**5°,4**	**5°,5**	**5°,6**	**5°,7**	**5°,8**	**5°,9**	**6°**	**6°,1**	**6°,2**	**6°,3**	**6°,4**	**6°,5**
15°	5°,0	5°,1	5°,2	5°,3	5°,4	5°,5	5°,6	5°,7	5°,8	5°,9	6°,0	6°,1	6°,2	6°,3	6°,4	6°,5
16.	5, 0	5, 1	5, 2	5, 3	5, 4	5, 5	5, 6	5, 7	5, 8	5, 925	6, 025	6, 125	6, 225	6, 325	6, 425	6, 525
17.	5, 025	5, 125	5, 225	5, 325	5, 425	5, 525	5, 625	5, 725	5, 825	5, 925	6, 025	6, 15	6, 25	6, 35	6, 45	6, 550
18.	5; 05	5, 150	5, 25	5, 35	5, 45	5, 55	5, 65	5, 75	5, 85	5, 95	6, 05	6, 15	6, 25	6, 35	6, 45	6, 550
19.	5; 075	5, 15	5, 275	5, 35	5, 475	5, 575	5, 675	5, 775	5, 875	5, 975	6, 075	6, 175	6, 275	6, 375	6, 475	6, 575
20.	5; 1·	5, 175	5, 275	5, 325	5, 5	5, 6	5, 7	5, 8	5, 9	6, 0	6, 1	6, 2	6, 3	6, 4	6, 5	6, 6
21.	5; 1·	5, 2	5, 3	5, 4	5, 5	5, 6	5, 7	5, 8	5, 9	6, 025	6, 125	6, 225	6, 325	6, 425	6, 525	6, 625
22.	5, 125	5, 225	5, 35	5, 425	5, 525	5, 625	5, 725	5, 825	5, 925	6, 025	6, 15	6, 25	6, 35	6, 45	6, 55	6, 650
23.	5; 15	5, 250	5, 35	5, 45	5, 55	5, 65	5, 750	5, 85	5, 95	6, 05	6, 175	6, 275	6, 375	6, 475	6, 575	6, 675
24.	5, 175	5, 275	5, 375	5, 475	5, 575	5, 675	5, 775	5, 875	5, 975	6, 075	6, 2	6, 3	6, 4	6, 5	6, 6	6, 7
25.	5, 2·	5, 3	5, 4	5, 5	5, 6	5, 7	5, 8	5, 9	6, 0	6, 1	6, 225	6, 325	6, 425	6, 525	6, 625	6, 725
26.	5, 225	5, 325	5, 425	5, 525	5, 625	5, 725	5, 825	5, 925	6, 025	6, 125	6, 25	6, 35	6, 45	6, 55	6, 65	6, 750
27.	5, 25	5, 35	5, 45	5, 55	5, 65	5, 75	5, 85	5, 95	6, 05	6, 15	6, 275	6, 375	6, 475	6, 575	6, 675	6, 775
28.	5, 275	5, 375	5, 475	5, 575	5, 675	5, 775	5, 875	5, 975	6, 075	6, 175	6, 3	6, 4	6, 5	6, 6	6, 7	6, 8
29.	5, 3	5, 4	5, 5	5, 6	5, 7	5, 8	5, 9	6, 0	6, 1	6, 2	6, 325	6, 425	6, 525	6, 625	6, 725	6, 825
30.	5, 3	5, 4	5, 5	5, 6	5, 7	5, 8	5, 925	6, 025	6, 125	6, 225	6, 35	6, 45	6, 55	6, 65	6, 75	6, 850

Digitized by Google

TABLE VII. — *Table de correction des densités suivant les températures*, d'après Dupont (*suite*)

Températures en degrés centigrades	6°,6	6°,7	6°,8	6°,9	7°	7°,1	7°,2	7°,3	7°,4	7°,5	7°,6	7°,7	7°,8	7°,9	8°
1°	6°,325	6°,425	6°,525	6°,625	6°,725	6°,825	6°,925	7°	7°,1	7°,2	7°,3	7°,4	7°,475	7°,575	7°,675
2	6, 35	6, 450	6, 55	6, 65	6, 75	6, 85	6, 95	7, 025	7, 125	7, 225	7, 325	7, 425	7, 5	7, 6	7, 7
3	6, 35	6, 450	6, 55	6, 65	6, 75	6, 85	6, 95	7, 05	7, 15	7, 250	7, 35	7, 45	7, 525	7, 625	7, 725
4	6, 375	6, 475	6, 575	6, 675	6, 775	6, 875	6, 975	7, 075	7, 175	7, 275	7, 375	7, 475	7, 55	7, 65	7, 75
5	6, 4	6, 5	6, 6	6, 7	6, 8	6, 9	7	7, 1	7, 2	7, 3	7, 4	7, 5	7, 575	7, 675	7, 775
6	6, 425	6, 525	6, 625	6, 725	6, 825	6, 925	7, 025	7, 125	7, 225	7, 325	7, 425	7, 525	7, 6	7, 7	7, 8
7	6, 45	6, 55	6, 65	6, 75	6, 85	6, 95	7, 05	7, 15	7, 25	7, 355	7, 45	7, 55	7, 625	7, 725	7, 825
8	6, 45	6, 575	6, 675	6, 75	6, 85	6, 95	7, 05	7, 175	7, 275	7, 375	7, 475	7, 575	7, 65	7, 75	7, 86
9	6, 475	6, 575	6, 675	6, 775	6, 875	6, 975	7, 075	7, 175	7, 275	7, 375	7, 475	7, 575	7, 675	7, 775	7, 875
10	6, 5	6, 6	6, 7	6, 8	6, 9	7	7, 1	7, 2	7, 3	7, 4	7, 5	7, 6	7, 7	7, 8	7, 9
11	6, 525	6, 625	6, 725	6, 825	6, 925	7, 025	7, 125	7, 225	7, 325	7, 425	7, 525	7, 625	7, 725	7, 825	7, 925
12	6, 55	6, 65	6, 75	6, 85	6, 95	7, 05	7, 15	7, 25	7, 35	7, 45	7, 55	7, 65	7, 750	7, 85	7, 95
13	6, 575	6, 675	6, 75	6, 875	6, 975	7, 075	7, 175	7, 275	7, 375	7, 475	7, 575	7, 675	7, 775	7, 875	7, 975
14	6, 575	6, 675	6, 775	6, 875	6, 975	7, 075	7, 175	7, 275	7, 375	7, 475	7, 575	7, 675	7, 775	7	8
15	6°,6	6°,7	6°,3	6°,9	7°	7°,1	7°,2	7°,3	7°,4	7°,5	7°,6	7°,7	7°,8	7°,9	8°

Températures en degrés centigrades	6°,6	6°,7	6°,8	6°,9	7°	7°,1	7°,2	7°,3	7°,4	7°,5	7°,6	7°,7	7°,8	7°,9	8°
15°	6°,6	6°,7	6°,8	6°,9	7°	7°,1	7°,2	7°,3	7°,4	7°,5	7°,6	7°,7	7°,8	7°,9	8°
16	6, 625	6, 725	6, 825	6, 925	7, 025	7, 125	7, 225	7, 325	7, 425	7, 525	7, 625	7, 725	7, 825	7, 925	8, 025
17	6, 65	6, 750	6, 850	6, 950	7, 050	7, 150	7, 250	7, 350	7, 45	7, 55	7, 65	7, 75	7, 85	7, 95	8, 05
18	6, 675	6, 750	6, 850	6, 950	7, 075	7, 175	7, 275	7, 375	7, 475	7, 575	7, 676	7, 775	7, 875	7, 975	8, 075
19	6, 7	6, 775	6, 875	6, 975	7, 1	7, 2	7, 3	7, 4	7, 5	7, 6	7, 7	7, 8	7, 9	8	8
20	6, 725	6, 8	6, 9	7	7, 125	7, 225	7, 325	7, 425	7, 525	7, 625	7, 725	7, 825	7, 925	8, 025	8, 125
21	6, 75	6, 825	6, 925	7, 025	7, 150	7, 250	7, 350	7, 45	7, 55	7, 65	7, 75	7, 85	7, 95	8, 050	8, 150
22	6, 775	6, 850	6, 950	7, 050	7, 175	7, 275	7, 375	7, 475	7, 575	7, 675	7, 775	7, 875	7, 975	8, 075	8, 175
23	6, 8	6, 875	6, 975	7, 075	7, 2	7, 3	7, 4	7, 5	7, 6	7, 7	7, 8	7, 9	8	8, 1	8, 2
24	6, 825	6, 9	7	7, 1	7, 225	7, 325	7, 425	7, 525	7, 625	7, 725	7, 825	7, 925	8, 025	8, 125	8, 225
25	6, 85	6, 925	7, 025	7, 125	7, 250	7, 350	7, 450	7, 550	7, 65	7, 75	7, 85	7, 95	8, 050	8, 15	8, 25
26	6, 875	6, 950	7, 050	7, 150	7, 275	7, 375	7, 475	7, 575	7, 675	7, 775	7, 875	7, 975	8, 075	8, 175	8, 275
27	6, 9	6, 975	7, 075	7, 175	7, 3	7, 4	7, 5	7, 6	7, 7	7, 8	7, 9	8	8, 1	8, 2	8, 3
28	6, 95	7	7, 1	7, 2	7, 325	7, 450	7, 525	7, 625	7, 750	7, 85	7, 950	8, 05	8, 15	8, 25	8, 350
29	6, 925	7, 025	7, 125	7, 225	7, 375	7, 475	7, 575	7, 65	7, 775	7, 875	7, 975	8, 075	8, 175	8, 275	8, 375
30	6, 95	7, 050	7, 150	7, 250	7, 4	7, 5	7, 6	7, 7	7, 8	7, 9	8	8, 1	8, 2	8, 3	8, 4

Digitized by Google

TABLE VIII. — *Comparaison entre les titres de sucre, les degrés Baumé et les densités à 15° C. des solutions sucrées pures*

Degrés Brix	Degrés Baumé	Densité	Degrés Brix	Degrés Baumé	Densité	Degrés Brix	Degrés Baumé	Densité
1	0,56	1,0039	35	19,23	1,1541	68	36,41	1,3384
2	1,11	0078	36	19,77	1591	69	36,91	3446
3	1,67	0117	37	20,30	1641	70	37,40	3509
4	2,23	0157	38	20,84	1692	71	37,90	3572
5	2,78	0197	39	21,37	1743	72	38,39	3636
6	3,34	0237	40	21,91	1794	73	38,89	3700
7	3,89	0278	41	22,44	1846	74	39,38	3764
8	4,45	0319	42	22,97	1898	75	39,87	3829
9	5,00	0360	43	23,50	1950	76	40,36	3894
10	5,56	0401	44	24,03	2003	77	40,84	3959
11	6,11	0443	45	24,56	2056	78	41,33	4025
12	6,66	0485	46	25,09	2110	79	41,81	4092
13	7,22	0528	47	25,62	2164	80	42,29	4159
14	7,77	0570	48	26,14	2218	81	42,78	4226
15	8,32	0613	49	26,67	2273	82	43,25	4293
16	8,87	0657	50	27,19	2328	83	43,73	4361
17	9,42	0700	51	27,71	2383	84	44,21	4430
18	9,97	0744	52	28,24	2439	85	44,68	4499
19	10,52	0787	53	28,75	2495	86	45,15	4568
20	11,07	0833	54	29,27	2552	87	45,62	4638
21	11,62	0878	55	29,79	2609	88	46,09	4708
22	12,17	0923	56	30,31	2666	89	46,56	4778
23	12,72	0969	57	30,82	2724	90	47,02	4849
24	13,26	1015	58	31,34	2782	91	47,48	4920
25	13,81	1061	59	31,85	2840	92	47,95	4992
26	14,35	1107	60	32,36	2899	93	48,40	5064
27	14,90	1154	61	32,87	2958	94	48,86	5136
28	15,44	1201	62	33,38	3018	95	49,32	5209
29	15,99	1249	63	33,89	3078	96	49,77	5281
30	16,53	1297	64	34,40	3138	97	50,22	5355
31	17,07	1345	65	34,90	3199	98	50,67	5429
32	17,61	1393	66	35,40	3260	99	51,12	5504
33	18,15	1442	67	35,90	3322	100	51,56	5578
34	18,69	1491						

Digitized by Google

TABLE IX. — *Corrélations entre les densités et les richesses des solutions de sucre pur*

D'après Balling

Poids spécifique	Densité	Sucre % en poids	Sucre par litre (gr.)	Volume du kg. (cm³)	Degrés Baumé	Poids spécifique	Densité	Sucre % en poids	Sucre par litre (gr.)	Volume du kg. (cm³)	Degrés Baumé	Poids spécifique	Densité	Sucre % en poids	Sucre par litre (gr.)	Volume du kg. (cm³)	Degrés Baumé
1.000	0.0	0,00	0,00	1000,00	0,00	1.053	5.3	12.06	137,48	949,67	7,25	1 130	13.0	30,07	330,80	884,96	16.57
1.001	0.1	0,26	2,59	999,00	0,14	1.054	5.4	13,29	140,08	948,77	7,38	1.135	13.5	31,10	353,03	881,06	17.13
1.002	0 2	0,52	5,18	998,00	0,29	1.055	5.5	13,52	142,67	947.87	7,51	1 140	14.0	32,13	366,30	877,19	17.68
1.003	0.3	0,78	7,78	997,01	0,43	1.056	5 6	13,76	145,27	946,97	7,64	1.145	14 5	33,16	379,67	873,36	18.24
1.004	0.4	1.03	10,37	996,02	0,57	1.057	5.7	13,99	147,89	946,07	7.76	1.150	15 0	34,18	393,02	869,56	78.78
1.005	0.1	1.29	12,95	995,02	0,72	1.068	5 8	14,23	150,52	945,18	7,89	1.155	15.5	35,18	406,31	865,80	19 32
1.006	0.6	1 55	15,55	994,04	0,86	1.069	5 9	14,46	153,14	944,29	8,02	1 160	16.0	36,18	419,69	862,07	19 86
1 007	0.7	1.80	18,15	993,05	1,00	1.060	6.0	14,69	155,72	943,40	8,15	1 165	16.5	37,17	433,08	858,37	20 39
1.008	0.8	2.05	20,70	992,06	1,14	1 061	6.1	14,92	158,32	942,51	8,28	1.170	17.0	38,16	446,42	854.70	20.92
1 009	0 9	2 30	23,26	991,08	1,28	1.062	6 2	15,15	160,92	941,62	8,41	1.175	17.5	39,14	459,89	851,06	21.45
1.010	1 0	2 56	25,84	990,10	1,43	1.063	6.3	15,38	163,51	930,73	8,53	1.180	18.0	40,11	473,26	847,46	21.97
1.011	1.1	2.81	28,41	989,12	1,57	1.064	6 4	15,61	166,14	939,85	8,66	1.185	18.5	41,07	486,78	843,88	22.48
1 012	1 2	3 06	31,00	988,14	1,71	1.065	6 5	15,85	168,76	938,97	8,79	1 190	19.0	42,03	500,22	840,34	22 99
1 013	1 3	3.32	33,61	987,17	1,85	1.066	6.6	16,07	171,36	938,09	5,91	1.195	19.5	42,09	513,68	836,82	23.50
1 014	1.4	3 57	36,18	986,19	1,99	1.067	6.7	16,31	173,93	937,21	9,04	1.200	20 0	43,94	527,28	833,33	24 00
1 015	1 5	3.82	38,77	985,22	2,13	1.078	6.8	16,54	176,63	936,33	9,17	1.205	20 5	44,88	540,76	829,87	24.50
1.016	1 6	4.07	41,37	984,25	2,27	1.079	6 9	16,77	179,24	935,45	9,29	1.210	21.0	45,81	554,36	826,45	24.99
1.017	1 7	4.33	43,96	983,28	2,41	1 070	7.0	16,99	181,84	934,58	9,42	1.215	21.5	46,74	567,94	823,04	25 48
1.018	1 8	4.57	46,55	982,32	2,55	1.071	7.1	17,22	184,47	983,71	9,55	1.220	22.0	47,67	581,54	819,67	25 97
1.019	1 9	4 82	49,15	981,35	2,69	1.072	7.2	17,45	187,10	932,84	9,67	1.225	22.5	48,53	595,14	816,33	26.45
1 020	2.0	5.07	51,72	980,39	2,82	1.073	7 3	17,68	189,71	931,07	9,80	1.230	23 0	49,49	608,64	813,01	26.93

Digitized by Google

1.021	2.1	5.32	54,34	979,43	2,95	1.074	7.4	17,91	192,33	931,10	9,92	1.235	23 5	50,40	622,43	809,78	27.40
1.022	2.2	5.57	56,92	978,47	3,10	1.075	7.5	18,13	194,04	930,23	10,05	1.240	24.0	51,30	636,14	806,45	27.87
1.023	2 3	5.82	59,51	977,52	3,24	1.076	7.6	18,36	197,56	929,37	10,17	1 245	24.5	52,20	649,85	803.21	28.34
1.024	2.4	6.06	62,11	976,56	3,38	1.077	7.7	18,59	200,18	928,50	10,29	1.250	25.0	53,09	663,57	800,00	28 80
1.025	2.5	6.31	64,70	975,61	3,51	1.078	7 8	18,81	202,79	927,64	10.42	1.255	25.5	53,97	677,35	796,81	29 26
1.026	2.6	6 56	67,28	974,66	3,65	1.079	7.9	19,04	205,42	926,78	10,54	1 260	26.0	54,85	691,17	793,65	29.71
1.027	2.7	6.81	69,89	973,71	3,79	1.080	8.0	19,26	208,05	925,93	10,67	1 265	26.5	55,73	704,97	790,51	30.17
1.028	2.8	7.05	72,47	972,76	3,92	1.081	8.1	19,49	210,66	925,07	10,79	1 270	27.0	56,59	718,71	787,40	30.61
1.029	2.9	7.29	75,05	961,82	4,06	1.082	8.2	19,71	213,28	924,21	10,91	1.275	27.5	57,46	732,56	784,31	31.06
1 030	3.0	7.54	77,65	970,87	4,19	1 083	8.3	19,93	215,90	923,36	11,04	1 280	28.0	58,32	746,50	781,35	31.50
1.031	3.1	7.78	80,25	969,93	4,33	1.084	8.4	20,16	218,52	922,51	11,16	1 285	28 5	59.17	760,33	778,21	31 94
1.032	3.2	8.03	82,81	968,99	4,47	1.085	8.5	20,38	221,13	921,66	11,28	1.290	29.0	60,02	774 24	775,19	32.37
1.033	3 3	8.27	85,45	968,05	4,60	1.086	8.6	20,60	223,75	920,81	11,40	1 295	29.5	60,86	788,19	772,20	32 80
1 034	3 4	8.52	88,08	957,12	4,73	1.087	8.7	20,82	226,37	919,96	11,52	1 300	30 0	61,70	802,13	769,33	33.23
1.035	3 5	8.76	90,68	966,18	8,87	1.088	8.8	21,05	228,99	919,12	11,65	1.305	30.5	62,53	816,11	766,28	33 65
1 036	3.6	9.01	93,31	965,25	5,00	1.089	8.9	21,27	231,61	918,27	11,77	1.310	31.0	63,37	830,15	763,36	34.08
1.037	3 7	9.25	95,90	964,32	5,14	1.090	8.0	21,49	234,24	917,43	11,89	1.315	31.5	64,20	844,20	760,46	34 49
1.038	3 8	6.49	98,51	963,39	5,27	1.091	9.1	21,71	286,86	916,59	12,01	1.320	32.0	65,02	858,26	757,58	34.91
1.039	3.9	9.73	101,08	962,46	5,40	1 092	9.2	21,93	239,48	915,75	12,13	1.325	32.5	65,83	872,31	754,72	35.32
1.040	4.0	9.97	103,67	961,54	5,54	1.093	9.3	22,15	242,09	914,91	12,25	1.330	33.0	66,65	886,42	751,88	35.73
1 041	4.1	10 21	105,25	960,61	5,67	1.094	9 4	22,37	244,72	914,08	12,37	1.335	33 5	67,645	900,59	749,06	36 13
1.042	4.2	10 45	108,86	959,69	5,80	1 095	9 5	22,59	247,33	913,24	12,49	1.340	34.0	38,26	944,74	746,27	36.54
1 043	4 3	10.69	111,46	958,77	5,94	1.096	9.6	22,81	249,98	912,41	12,61	1.345	34.5	69,06	928,91	743,49	36.94
1.044	4.4	10.92	114,05	957,85	6,07	1.097	9 7	23,03	252,63	911,58	12,73	1.350	35.0	69,86	943,15	740,74	37.33
1.045	4 5	11.16	116,64	956,93	6,20	1.098	9.8	23,25	255,27	910,75	12,85	1.355	35.5	70,65	957,36	738,01	37.73
1.046	4 6	11.40	119,23	956,02	6,33	1.009	9.9	23,47	257,92	909,92	12,97	1.360	36.0	71,44	671,60	735,29	38.12
1.047	4.7	11.63	121,82	955,11	7,46	1.100	10.0	23,68	260,53	929,09	13,09	1.365	36 5	72,23	985,94	732,60	38.50
1.048	4.8	11.87	124,43	954,20	6,59	1.105	40.5	24,77	273,67	924,98	13,68	1.370	47.0	73.01	1000,21	729,93	38.89
1.049	4 9	12.11	127,04	953,29	6,73	1 110	11.0	25,85	386,90	900,90	14,27	1.375	37.5	73,79	1014,57	727,27	39.27
1 050	5.0	12 35	129,57	952,38	6,86	1.115	11.5	26,92	300,14	896,86	14,85	1.380	28 0	74,56	1028,93	724,64	39.65
1.051	5.1	12.59	132,30	151,47	6,99	1.120	12.0	27,97	313,25	892,86	15,43	1.385	38 5	75,33	1043,41	722,02	46.03
1.052	5.2	12 82	134,89	950,57	7,12	1.125	12.5	29,03	326,59	888,89	16,00						

Digitized by Google

CORRECTIONS DES BRIX-INSTRUMENTS

L'exactitude des aréomètres n'est pas, on le sait, comparable à celle que l'on obtient à l'aide de la balance de précision. Le cadre de cet ouvrage ne nous permet pas de nous étendre longuement sur ce sujet, mais nous rappellerons brièvement que les observations successives dans un même liquide peuvent être légèrement différentes. Cela tient le plus souvent à ce que le liquide ne mouille qu'imparfaitement le verre de la tige de l'instrument. Le résultat de ce mouillage imparfait est de produire un ménisque qui se raccorde au verre par des dentelures.

Lorsque le ménisque se fait régulièrement, l'effet de ce ménisque est d'ajouter à l'instrument un certain poids proportionnel au périmètre de la tige, et à une valeur qui est particulière pour chaque liquide, valeur appelée effort capillaire ou tension superficielle. Si l'on représente par f cette valeur par unité de longueur, et p le périmètre de la tige, pf est le poids du ménisque qui s'ajoute au poids propre de l'instrument.

Lorsque le mouillage de la tige est incomplet pf est plus petit, et l'instrument plonge un peu moins que dans les conditions normales. Aussi faut-il pour des observations très précises décaper l'instrument par des lessives de soude, de bichromate de potasse acide (dans l'acide sulfurique à 66° B.), l'alcool, l'éther, etc. Et éviter ensuite de toucher l'instrument avec les doigts, du moins dans la partie que l'on sait devoir être immergée. D'autre part, la tige d'un aréomètre est supposée cylindrique, ce qui n'est pas en réalité, les génératrices du cylindre allongé que forme la tige, sont des lignes ondulées et non pas des lignes droites, etc., etc.

Par conséquent, la graduation de l'échelle, qui est faite pour une tige supposée mathématiquement régulière, ne répond pas rigoureusement aux volumes immergés de l'instrument.

Enfin, la valeur de la tension superficielle étant spéciale à chaque liquide, il résulte de là que deux liquides, de même poids spécifiqué mais de composition différente, pourront fournir avec un aréomètre très sensible des indications un peu différentes, car dans pf la valeur de f varie avec le liquide.

Il ressort de cet aperçu, qu'un aréomètre Brix en particulier, ne donnera des indications exactes, ou du moins approchant de l'exac-

Digitized by Google

titude absolue que si on le gradue dans les liquides mêmes pour lesquels il doit servir.

De là la nécessité de la vérification des Brix dans des solutions sucrées.

Courbe de correction théorique. — Cette courbe de correction théorique serait obtenue, en faisant au moyen de la balance de précision et avec de l'eau distillée, des solutions contenant des quantités connues de sucre chimiquement pur et sec pour 100 gr. de solution et en vérifiant si la lecture sur la tige du Brix à 15° ou à 17°5, suivant l'instrument, correspond avec la pesée.

Mais ces manipulations ne peuvent être faites dans un laboratoire de sucrerie ; aussi faut-il en revenir à une courbe pratique suffisante.

Courbe de correction pratique. — Nettoyer soigneusement le ou les instruments à la potasse chaude ou au bichromate acide ; puis à l'éther ou l'alcool, et à l'eau ; faire en sorte par chauffage ou autrement, de porter la salle à la température de vérification des instruments, 15° ou 17°5 (ou 27°5 dans les pays tropicaux). Nettoyer également à la potasse chaude, etc., les ballons, pipettes, éprouvettes spéciales, etc. Tous les objets gradués ont été vérifiés à l'avance. Essuyer toute la verrerie avec un linge de toile très propre et pas gras. On évitera de toucher les instruments avec les doigts ailleurs que dans la partie tout à fait supérieure de la tige qui ne sera jamais immergée et par laquelle on les tient perpendiculairement. Ainsi on disposera les Brix-instruments sur un support, de manière à n'avoir qu'à les reprendre par le haut de la tige pour les vérifier, et les plonger dans les solutions.

Cela fait, avec du bon sucre raffiné sec pulvérisé et mélangé, on fait les dissolutions de sucre dans de l'eau distillée.

Bien que le sucre soit sec, il faut auparavant en doser l'eau, car il contient toujours une petite quantité d'humidité, Pour cela, on peut se servir d'une capsule en verre de 50 mm. de diamètre et de 25 mm. de haut, rodée sur ses bords de manière à pouvoir y placer une lame de verre formant couvercle ; à défaut, on peut employer un grand verre de montre.

Tarer le récipient, le couvercle étant placé à côté ou en dessous du récipient, sur le plateau de la balance. Peser ensuite 5 gr. de sucre par la méthode des doubles pesées, ou mieux encore 10 gr. de sucre si la capacité du récipient le permet, porter à l'étuve, sans le cou-

Digitized by Google

vercle, pendant une demi-heure environ, à 100°-105°, ne pas dépasser 105°.

Refroidir ensuite à l'exsiccateur, peser avec le couvercle sur le récipient, rapporter la perte de poids à 100 gr. de sucre, on a l'eau. On peut faire ce dosage en double,

Le bon raffiné peut doser suivant l'état hygrométrique des magasins où il a séjourné, de 0,06 à 0,12 % gr. d'eau.

Les dissolutions à faire sont les suivantes :

Pour instrument Brix de 0° à 5°	1 gr. 10 dans 300 cm³	Pour instrument Brix de 10° à 15°	32 gr. 10 dans 300 cm³
	6 » 30 »		38 » 00 »
	11 » 20 »		44 » 20 »
	16 » 20 »		48 » 60 »
Pour instrument Brix de 5° à 10°	11 gr. 20 dans 300 cm³	Pour instrument Brix de 15° à 20°	48 gr. 60 dans 300 cm³
	22 » 00 »		55 » 00 »
	27 » 00 »		60 » 30 »
	32 » 10 »		66 » 00 »
Pour instrument Brix de 20° à 25°	66 gr. 00 dans 300 cm³	Pour instrument Brix de 25° à 30°	84 gr. 00 dans 300 cm³
	72 » 30 »		90 » 60 »
	78 » 00 »		96 » 60 »
	84 » 00 »		102 » 60 »

Pour instrument Brix de 30° à 35°	103 gr. 50 dans 300 cm³
	109 » 80 »
	115 » 80 »
	122 » 40 »

On fera en sorte de ne pas jauger exactement de suite les dissolutions, on attendra quelques heures, afin qu'elles s'équilibrent avec la température de la salle. Alors seulement on jaugera avec de l'eau et on agitera par retournement. On aura eu soin de préparer à l'avance des éprouvettes spéciales. Ces éprouvettes dites « Steffen » sont celles qui sont employées dans l'analyse générale des produits sucrés pour la détermination des Brix.

La hauteur de ces éprouvettes est de 340 mm. environ, leur diamètre intérieur de 34 à 35 mm. Elles contiennent ainsi à peu près exactement 300 cm³. Il faut les caler de manière à ce qu'elles soient bien verticales. Sur chacune de ces éprouvettes, on adaptera un bouchon en caoutchouc, avec lequel on pourra boucher les éprouvettes pleines de solution avant de commencer, et s'il y a lieu, d'attendre. Ceci permettra de faire les dissolutions un peu à l'avance et de permettre que le tout se mette à la même température, et même d'attendre jusqu'à 12 ou 15 heures s'il en est besoin. Tout étant préparé, on en-

Digitized by Google

tamera la série des observations. Soit à vérifier le Brix n° 49 de 20° à 25°. (On peut vérifier plusieurs Brix de même sorte à la fois.)

On aura 4 solutions correspondant respectivement à

66 gr. — 72 gr. 3 — 78 gr. 00 et 84 gr. 00 de sucre dans 300 cm³.

Pour chaque détermination on fait 4 lectures suivies ou précédées de la prise de température : puis on lave le brix à l'eau distillée et on l'essuie avec un linge très propre et sans toucher l'instrument avec les doigts, suivant ce qui a été déjà dit. Soit donc l'instrument plongé dans la 1re solution, on lit le Brix ; après chaque lecture, il est bon de déplacer légèrement l'instrument en lui imprimant un léger mouvement de giration sur lui-même. Il vaut mieux ne pas faire entrer en ligne de compte la 1re lecture qui est toujours un peu moins juste.

On inscrira seulement la moyenne des 3 dernières lectures, et les résultats seront disposés comme suit. (On opère ici en double).

La solution à 66 gr. du 1er essai a été faite avec d'autre sucre raffiné que les autres solutions. Ce sucre possédait 0,12 d'eau au lieu de 0,16 qui était la teneur en eau de l'autre sucre.

L'eau étant connue :

Le sucre sec pesé pour 300 cm³ dans le sucre humide sera égal à :

$$(\text{Sucre humide}) - \left(\frac{\text{Sucre humide pesé} \times \text{Teneur en eau}}{100}\right) = \text{Sucre sec pesé.}$$

En divisant le sucre sec pesé dans 300 cm³ par 3, on aura le sucre sec pesé pour 100 cm³, soit le Brix volume en réalité.

Enfin en cherchant dans la table de concordance des solutions sucrées (¹), on aura en regard du Brix volume le sucre correspondant exprimé en poids ; soit le Brix poids réel.

En établissant la différence entre ce dernier chiffre et le brix lu observé ramené à 17°5 (qui est un Brix poids) pour les instruments gradués à 17°5, ou à 15°, on aura *la valeur de la correction à effectuer* pour les intruments gradués à 15°.

Cette correction peut être positive ou négative.

Avec ces données, on établit la courbe de correction ci-contre, en portant en abcisses les degrés Brix par 1/10e, et en ordonnées les corrections en 1/100e de degrés Brix.

De cette courbe on déduit facilement la table de correction de

(¹) La table de concordance employée sera celle à 15°, ou celle à 17°5, selon que les instruments auront été gradués à 15° ou à 17°5, bien entendu.

Digitized by Google

Brix n° 48 de 20° à 25°

	Solution à 66 grammes dans 300 cm³		Solution à 72 gr. 3 dans 300 cm³		Solution à 78 grammes dans 300 cm³		Solution à 84 grammes dans 300 cm³	
	1er essai	2e essai	1er essai	2e essai	1er essai	2e essai	1er essai	2e essai
Brix lu, moyenne de 3 lectures	20,27	20,17	21,90	21,88	23,42	23,42	25,10	25,12
Températures des solutions.	15°5	18°0	18°5	18°5	18°5	18°5	18°5	18°5
Corrections de température d'après Gerlach. . .	— 0,12	+ 0,03	+ 0,06	+ 0,06	+ 0,06	+ 0,06	+ 0,06	+ 0,06
d'où *Brix lu corrigé à* 17°,5	20,15	20,20	21,96	21,94	23,48	23,48	25,17	25,19
Sucre tel quel pesé dans 300 cm³	65 gr.	66 gr.	72 gr. 30	72 gr. 30	78 gr.	78 gr.	84 gr.	84 gr.
Eau dosée du sucre pesée pour 100 grammes . .	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
d'où sucre pesée dans 300 cm³	65,92	65,96	72,26	72,26	77,95	77,95	83,95	83,95
Sucre sec en solution pour 100 cm³.	21,97	21,99	24,086	24,086	25,983	25,983	27,983	27,922
Sucre sec pour 100 grammes de solution, ou *Brix poids réel* d'après la table des solutions (ici table de concordance)	20,26	20,28	22,04	22,04	23,62	23,62	25,26	25,26
Différences entre le brix poids réel et le brix lu corrigé à 17°,5	+ 0,11	+ 0,08	+ 0,08	+ 0,10	+ 0,14	+ 0,14	+ 0,09	+ 0,07
Différence ou *correction* moyenne	+ 0,095		+ 0,090		+ 0,140		+ 0,080	

Digitized by Google

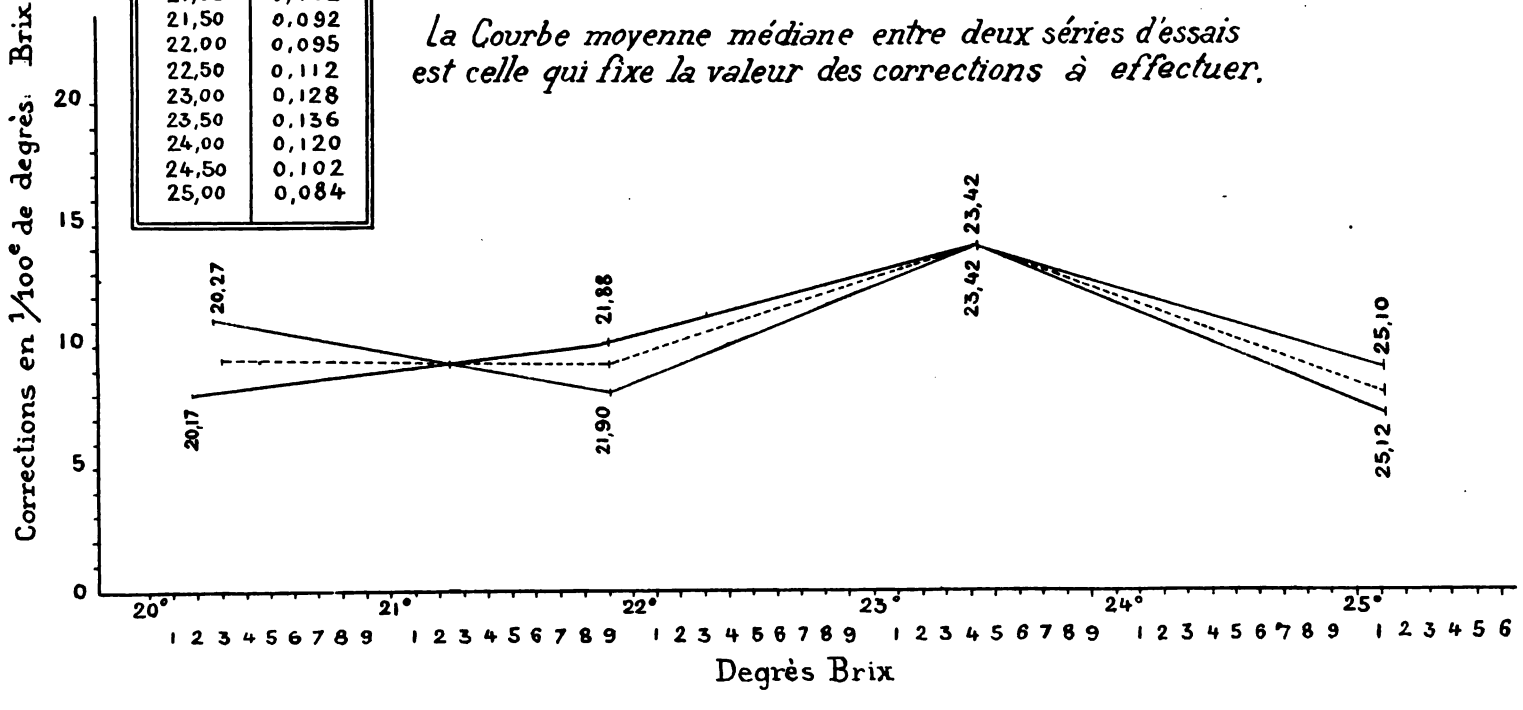
Table de correction

Degrés lus à l'instrument	Corrections à ajouter.
20,00	0,095
20,50	0,093
21,00	0,092
21,50	0,092
22,00	0,095
22,50	0,112
23,00	0,128
23,50	0,136
24,00	0,120
24,50	0,102
25,00	0,084

Brix N° 48 de 20° à 25°

Courbe de correction à l'eau distillée.

la Courbe moyenne médiane entre deux séries d'essais est celle qui fixe la valeur des corrections à effectuer.



Digitized by Google

l'instrument en menant les abcisses et les ordonnées correspondantes, aux degrés que l'on veut inscrire sur la table.

Dans la méthode générale d'analyse des produits sucrés nous indiquons en outre les précautions à prendre, quant à la forme et au sens du ménisque qui se montre contre la tige du Brix et à son évaluation, que l'on fixe une fois pour toutes à la valeur d'une constante, bien que théoriquement cette valeur ne soit pas une constante, ainsi que nous l'avons dit plus haut. Mais pratiquement, la différence est insignifiante pour des liquides tels que ceux que nous analysons en sucrerie.

Digitized by Google

CHAPITRE VI

—

DES ANALYSES CHIMIQUES RELATIVES A LA DIFFUSION

ANALYSE DE LA BETTERAVE

Prise d'échantillon. — Cette opération peut se faire : 1° dans le champ ; 2° sur une voiture ; 3° sur un silo ; 4° sur un gros échantillon déjà prélevé ; 5° à l'entrée en fabrication.

1° *Dans le champ.* — On peut prélever des betteraves au hasard dans toutes les parties du champ ou en prendre, en observant de prendre tantôt une grosse, tantôt une moyenne, tantôt une petite ; mais dans le cas où on échantillonne contradictoirement avec quelqu'un, il est bien rare que par ces procédés on tombe d'accord ; le moyen le plus pratique est alors le suivant que nous recommandons même dans le cas où on est seul à prendre l'échantillon :

On désigne 1, 2, 3, etc. *n* lignes de betteraves suivant l'importance du champ, puis se plaçant au bord de la pièce de terre sur la première ligne désignée, on fait 10 pas et on prend la 10e betterave, puis 10 pas et la 10e, ainsi de suite en parcourant toutes les lignes choisies. Si on craint d'avoir un échantillon trop volumineux on peut, au lieu de 10 pas, en faire 20 ou 30 ; on devra en général faire en sorte d'avoir environ 30 racines à l'hectare.

Si l'on veut suivre le développement cultural d'un champ, on peut encore, sur les mêmes lignes, prendre de semaine en semaine un échantillon, ou même prendre à la suite chaque fois sur la même ligne 12 betteraves.

2e et 3e *Sur une voiture ou un silo.* — Au moment où l'on vide cette voiture, remplir un panier contenant une vingtaine de kg. de

Digitized by Google

racines, en ayant soin que les racines prélevées proviennent des différentes couches du tombereau ou du silo.

Placer alors les betteraves sur le sol par rang de grosseur et en prélever une à toutes les *n* betteraves de manière à avoir un échantillon final de 6 à 8 betteraves.

4° *Sur un très gros échantillon déjà prélevé.* — L'échantillon est disposé sur le sol, comme dans le cas précédent, par ordre de grosseur, et on fait un échantillon final de 6 à 8 betteraves comme il a été dit.

5° *A l'entrée en fabrication.* — On doit renoncer purement et simplement à prendre un échantillon formé de racines entières à ce poste.

On remplace cet échantillon par un échantillon prélevé au moment de l'emplissage, à chaque diffuseur, ou tous les 2 ou 3 diffuseurs, sur la cossette fraîche tombant du coupe-racines.

Cet échantillon sera pris avec une casserole de moyenne dimension et non à la main. La main ne recueille pas en effet les menus débris. L'échantillon prélevé sera aussitôt placé dans *un seau à couvercle* et le couvercle hermétiquement fermé.

Toutes les 3 heures, ou plus souvent cet échantillon sera relevé et porté au laboratoire pour être analysé par l'analyse directe de la digestion aqueuse à chaud dont nous parlerons tout à l'heure. Le seau et la casserole seront tenus propres et lavés de temps en temps à l'eau bouillante, ou au lait de chaux, puis rincés et essuyés avant d'être remis en place.

Quel que soit l'échantillon, l'analyse des racines est pratiquée généralement pour qu'on puisse se rendre compte de leur teneur en sucre, sels, eau, etc., ou bien pour connaître le sucre entré en fabrication.

Dans le 1er cas on est conduit à exprimer le plus possible du jus de la betterave, après l'avoir râpée ; et c'est sur ce jus que sera établie l'analyse appelée à cause de cela l'analyse indirecte, qui rentre dans la méthode générale d'analyse des jus sucrés.

Dans le 2e cas, on se contente de doser le sucre sur la pulpe même de la betterave réduite en fragments plus ou moins fins : c'est l'analyse directe qui diffère de la méthode générale. L'analyse directe complète aussi souvent l'analyse indirecte.

Digitized by Google

Analyse indirecte de la betterave. — Les racines ou leurs moitiés, seront réduites en râpure ou pulpe par une râpe.

Nous ne parlerons pas des râpes à mains analogues aux râpes à fromage depuis longtemps abandonnées.

Râpe à tambour. — La râpe à tambour (fig. 288) est, croyons-nous, celle qu'on rencontre le plus dans les sucreries ; elle est composée d'un bâti en fonte que l'on peut fixer sur une table au moyen de boulons ; sur ce bâti se trouvent deux petits paliers qui supportent l'arbre du tambour ; ce tambour est en bois, il porte des rainures dans lesquelles sont introduites des lames de scie maintenues par deux cercles en fer. Le mouvement de rotation est donné au tambour par un en-

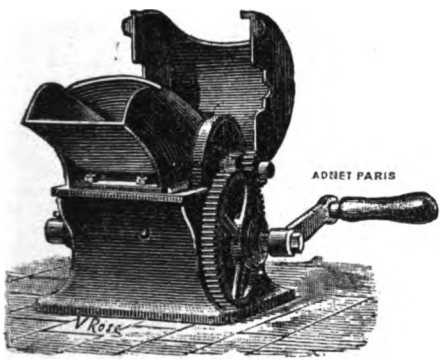


Fig. 288.

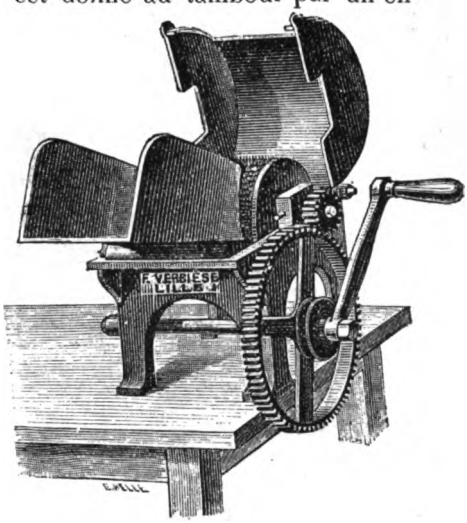


Fig. 289.

grenage dans le cas où on tourne à la main, par une poulie accompagnée d'une poulie folle quand on se sert de la force d'une machine. Un couvercle mobile autour d'un axe horizontal permet de fermer l'appareil et de ne laisser de jour que pour l'introduction des betteraves qui se fait par une trémie ; on se sert d'un poussoir en bois pour appliquer les racines contre les lames déchirantes.

Sous le bâti se trouve un petit bac dans lequel tombe la pulpe ; pour obtenir une pulpe sans semelle, il faut opérer lentement, c'est-à-dire ne pas trop appuyer la betterave sur les dents du tambour avec le poussoir, mais au contraire l'appuyer modérément et d'un mouvement continu. Sans cette précaution la pulpe ne serait pas fine, et l'extraction du jus laisserait à désirer.

Digitized by Google

On mélange alors la pulpe à la main, sans la presser avec les doigts mais en faisant pénétrer les doigts écartés de la main dans la masse de pulpe que l'on soulève et laisse retomber ainsi plusieurs fois sur elle-même. Pendant ce temps on écarte les semelles s'il y en a. Cela fait, sur la pulpe on prélève rapidement, et en prenant dans différents endroits, deux fois le poids nécessaire (16 gr. 24 × 2 = 32 gr. 48) pour la digestion aqueuse à chaud (si on veut la pratiquer) et l'on place le restant de la pulpe dans une toile ou dans de petits sacs que l'on replie de manière à pouvoir introduire le tout sous le plateau d'une presse, telle la presse Lefèvre (fig. 290), ou mieux sous celui d'une presse à vis différentielle (fig. 291) ; et mieux encore dans le cylindre

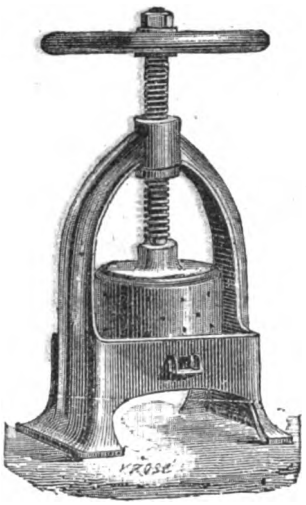


Fig. 290. — Presse Lefebvre.

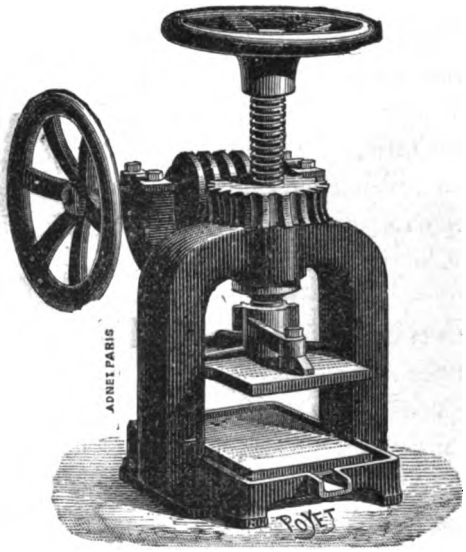


Fig. 291. — Presse à vis tangente différentielle.

perforé d'une presse sterhydraulique Zickel-Dehaître (fig. 292).

Il importe en effet de serrer le plus possible. Les expériences de divers chimistes prouvent que le 1er jus qui s'écoule n'a pas la même composition que le dernier. Aussi, pour avoir l'échantillon exact du jus contenu dans la betterave faudrait-il tout extraire, ce qui ne se peut pas. On cherchera donc à extraire le plus de jus possible ; c'est dans ce but qu'ont été inventées les presses à double vis et sterhydrauliques.

La presse à vis tangente ou différentielle (fig. 291) est remarquable par sa solidité et par la forte pression qu'elle peut donner.

Digitized by Google

Théoriquement, en supposant un effort de 50 kg. sur le volant de la vis tangente (un homme est capable d'exercer un effort beaucoup plus énergique), elle fournit une pression de 400 kg. par cm². sur le plateau, soit près de 400 atmosphères. Aussi permet-elle de retirer de la betterave à analyser une plus grande quantité de jus que les petites presses à une seule vis qui, comme l'on sait, ne donnent tout au plus qu'une pression de 50 kg. par cm² (¹).

La presse stérhydraulique sert absolument comme une presse ordinaire à vis ; pour commencer, on serre à la main avec le volant aussi énergiquement que possible. Mais le plateau inférieur, au lieu d'être fixe, est mobile ; et peut monter sous l'influence de la pression du liquide, qui est de la glycérine, contenu dans un cylindre très long, mais de section faible dans lequel entre un piston mu par la manivelle à vis et à 2 poignées que l'on voit sur la figure. Ce cylindre correspond par une lumière intérieure avec un autre cylindre vertical, court, mais à grande section, dans lequel emboîte un piston qui porte le plateau inférieur. C'est en somme le principe de la presse hydraulique bien connue. En manœuvrant la manivelle, on augmente la pression qu'il est sage de ne pas porter au delà de 350 kg. par cm² ; un petit manomètre permet de suivre la mesure de cette pression (fig. 292). Le jus pressé est recueilli et mélangé.

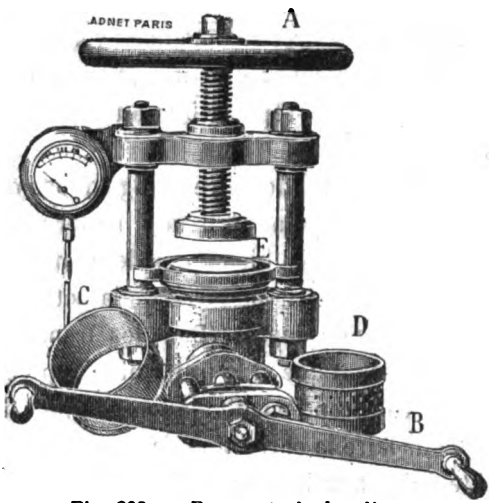


Fig. 292. — Presse sterhydraulique.

PRISE DE LA DENSITÉ

Nous avons donné la définition de la densité et parlé des densimètres au chapitre concernant les appareils et instruments ; nous n'y reviendrons pas.

Le jus est recueilli dans un bac ou une capsule, on l'y laisse dé-

(¹) Sucrerie indigène ; compte-rendu de l'exposition de 1889.

Digitized by Google

poser environ cinq minutes, afin de laisser les impuretés se précipiter au fond et l'air remonter à la surface ; on décante ensuite doucement dans une éprouvette en ayant soin de faire couler le liquide sur le bord de celle-ci et en soufflant sur la mousse qui se trouve sur le jus afin de l'empêcher d'entrer dans la susdite éprouvette. On laisse encore reposer 5 minutes, puis on introduit le densimètre après avoir au préalable chassé, en soufflant et en ajoutant encore un peu de jus, la mousse qui aura pu se former à la partie supérieure de l'éprouvette.

Au lieu d'opérer comme nous venons de le dire, on peut recueillir le jus dans une éprouvette munie d'un robinet placé à 3 ou 4 cm. du fond, l'y laisser reposer 5 minutes et décanter par le robinet dans une autre éprouvette.

Le densimètre doit être plongé doucement en le laissant s'enfoncer à peu près au point où il doit rester ; quand il n'oscille plus, ce qui peut arriver aussi bien après deux minutes qu'après vingt, suivant la nature du jus et la maturité de la betterave, on lit la densité en degrés et dixièmes de degrés. (Dans les transactions, un dixième ne compte généralement que si le trait qui le représente est franchement découvert.) On prend ensuite la température du jus.

Pour faire la correction de température, c'est-à-dire trouver la densité qu'on aurait obtenue si le jus avait été à 15° C. on se sert comme suit du tableau ci-contre qui est la table admise officiellement dans les transactions françaises. Soit lu au densimètre 7°5 (ce qui veut dire 1075), soit lu sur le thermomètre 19° centigrades. Nous chercherons 19 dans la colonne des températures et en regard dans l'autre colonne nous verrons qu'il faut ajouter 0°10 au résultat trouvé, ce qui donnera à 15° : 1076 ou 7,6 pour la densité du jus (Voir table X).

Lorsqu'il s'agit d'analyse de laboratoire, il faut estimer la densité au delà du dixième de degré et indiquer les centièmes. En effet, le calcul de la pureté serait assez différent, pour un même taux de sucre, selon que la densité serait exprimée par 7,6 par exemple ou 7,67.

Sur les densimètres ordinaires les centièmes n'étant pas indiqués à la graduation, on fera cette évaluation à l'estimation. Mais il est préférable de se servir alors des instruments Brix dont la graduation est faite avec l'indication des 1/50e soit par 2 centièmes à la fois. Le Brix poids une fois connu, les tables de concordance donnent la densité correspondante, ainsi que le *Brix volume*. Ce dernier nous sera néces-

Digitized by Google

saire pour calculer la pureté du jus dont nous allons bientôt déterminer le *sucre en volume.*

Enfin, on peut encore prendre la densité du jus avec la balance de Mohr, dont nous avons parlé au chapitre des appareils.

Remarque. — La manière d'opérer que nous venons d'énoncer est un peu longue et délicate pour être appliquée aux bascules de réception ; on se contente généralement, le jus une fois recueilli, de l'introduire dans une éprouvette, d'y plonger le densimètre et de lire la

TABLE X. — *Corrections à faire à la densité par suite de la température*

Température	à retrancher	Température	à ajouter
0°.	0,20	16°.	0,02
1	0,19	17	0,05
2	0,18	18	0,07
3	0,17	19	0,10
4	0,16	20	0,12
5	0,15	21	0,15
6	0,14	22	0,17
7	0,13	23	0,20
8	0,12	24	0,22
9	0,11	25	0,25
10	0,10	26	0,28
11	0,09	27	0,31
12	0,07	28	0,34
13	0,05	29	0,37
14	0,02	30	0,40
15	0,00	31	0,43
		32	0,46
		33	0,49
		34	0,52
		35	0,55
		36	0,61
		37	0,64
		38	0,67
		39	0,70
		40	0,74

densité au bout de 5 minutes ou 10 minnutes ; c'est une affaire de convention. La manière d'opérer bien établie, le cultivateur sait que dans telle condition de prise de densité sa betterave lui est achetée tant à tant de degrés, avec augmentation de tant de centimes par dixièmes en plus ou en diminution de tant de centimes par dixiémes en moins.

Dosage des cendres. — Presque aussitôt le jus mélangé au sortir de la presse, et avant qu'il se soit longuement reposé, on prélève avec une pipette à deux traits de préférence, 10 cm³ du jus, et on les fait couler dans une capsule de platine tarée.

Digitized by Google

La capsule est alors portée au bain de sable modérément chauffé, afin d'éviter les projections. On surveille l'évaporation qui doit se faire sans bouillonnements, et on la conduit jusqu'à ce que le liquide soit arrivé à la consistance sirupeuse.

A ce moment, on retire la capsule, on la laisse un instant refroidir et on y ajoute 1 cm³ 1/2 à 2 cm³ d'acide sulfurique suffisamment pur à 66°.

On mélange le tout en imprimant à la capsule quelques mouvements giratoires et en l'inclinant un peu en divers sens, et grâce à la chaleur de combinaison, on ne tarde pas à voir le liquide noircir, puis monter en se boursouflant et enfin s'arrêter en formant une petite masse spongieuse encore molle. On porte alors la capsule en pleine flamme d'un bec Bunsen de gros calibre, et on chauffe fortement. La petite masse spongieuse se contracte et diminue de volume, à mesure que s'évapore l'excès d'acide sulfurique ; et elle se détache des bords de la capsule. Au bout de quelques instants il n'y a plus qu'à placer la capsule *à l'entrée* (et non au fond) d'un fourneau à moufle froid (et non déjà porté au rouge.) On allumera alors le fourneau, et progressivement à mesure que le charbon de sucre se brûlera pour laisser des cendres blanches, on enfoncera la capsule dans la moufle portée maintenant au rouge. Vers la fin on peut mettre sans crainte la capsule tout au fond de la moufle, qui ne doit pas être au rouge blanc. Lorsqu'il n'y a plus traces de point noirs, de charbon, dans les cendres, l'opération est terminée.

Bien conduite, l'opération peut se faire en peu de temps, de une à deux heures, selon les cas, parfois 3 heures avec certains jus. Les cendres ne doivent jamais être fondues, c'est-à-dire qu'elles ne doivent pas adhérer à la capsule. Et lorsqu'on voudra vider celle-ci, il doit toujours suffire d'y passer un pinceau ou un linge propre pour obtenir à l'intérieur un nettoyage presque parfait laissant le métal vif et sans taches.

Bien que l'on puisse, en les bisulfatant, c'est-à-dire en y ajoutant de l'acide sulfurique et en évaporant à la moufle essayer de tirer parti de cendres fondues ; pour nous, cette opération n'est pas à exécuter, et elle ne peut conduire qu'à des résultats incertains.

Nous nous sommes étendus longuement sur ce dosage des cendres, parce que nous avons souvent remarqué que c'est l'une des déterminations que les jeunes chimistes ou aides exécutent le moins bien.

Digitized by Google

Nous n'y reviendrons plus du reste, nous bornant à dire que quelle que soit la matière sucrée à incinérer, les prescriptions ci-dessus resteront les mêmes.

Plus un jus ou une matière sucrée est riche en sucre, plus elle est pure en un mot, plus vite l'incinération peut être conduite. Et plus au contraire le produit est impur, plus il faut de temps pour incinérer, et moins il faut chauffer fort, surtout au début de l'incinération. L'incinération terminée, on laisse refroidir sous l'exsiccateur et on pèse. Supposons que la tare ait été de 5 gr. 702, et qu'après pesée des cendres par double pesée on ait trouvé 5 gr. 610, soit en retranchant, 0,092 de différence. Ce serait le poids des cendres pour 10 cm³ de jus.

Mais nous avons ajouté de l'acide sulfurique, donc les sels ont été transformés en sulfates. On admet que pour avoir les sels sous leur véritable état, il suffit de multiplier le résultat trouvé par 0,9 ou, ce qui revient au même, de retrancher un dixième du poids trouvé.

Soit $0,092 - 0,009 = 0,083$ pour 10 cm³ de jus.

Les cendres sont donc de 0 gr. 83 en volume, c'est-à-dire pour 100 cm³ de jus.

Cendres en poids. — On aurait pu doser les cendres °/₀ grammes de jus, en en pesant dans une capsule tarée un certain poids, 5 gr. par exemple, de jus, faisant évaporer à l'étuve ou bain de sable à consistance sirupeuse et continuant ainsi qu'il a été dit. Le résultat, une fois le 1/10e de son poids retranché et multiplié par 20, aurait donné le chiffre cherché pour 100 gr. de jus.

Mais il est possible de déduire ce chiffre du poids des cendres en volume. Il suffit de diviser ces dernières par la densité du jus ou plutôt par le poids en grammes de 100 cm³ de jus.

Pour la densité de 7,6 on aura :

Soit $$\frac{0,83 \times 100}{107,6} = 0,77.$$

Remarque. — Nous avons dit de prendre les 10 cm³ de jus nécessaires à l'énumération pour obtenir les cendres en volume, peu de temps après la sortie du jus de la presse. C'est qu'il arrive souvent que, par le repos, les matières albuminoïdes des jus se coagulent et forment un précipité caillebotté.

Dans ces conditions, la pipette ne prend plus qu'un jus dont les cendres sont beaucoup plus faibles que la réalité.

Digitized by Google

Dosage du sucre en volume ou pour 100 cm³ de jus. — On prélève 100 cm³ de jus que l'on introduit dans un ballon de 100-110, on ajoute environ 2 cm³ d'une solution alcoolique de tannin, puis on complète à 110 avec la solution de sous-acétate de plomb, après avoir fait tomber la mousse avec une goutte d'éther ; on agite vigoureusement et on filtre en ayant soin d'opérer avec un entonnoir et un verre bien secs ; les premières portions de liquide sont jetées et on refiltre jusqu'à obtention de liquide parfaitement clair. On remplit alors avec ce liquide un tube (de 20 cm.) du saccharimètre après avoir rincé deux ou trois fois ce tube avec le liquide filtré. Le saccharimètre étant bien réglé on fait la lecture.

Soit 88°4 le chiffre trouvé.

D'après ce que nous savons de la polarimétrie optique, il aurait suffi de multiplier 88° 4 par le centième du poids normal du saccharimètre employé, pour connaître le taux de sucre du jus, si nous n'avions pas été obligés, pour obtenir un liquide limpide, de clarifier avec du sous-acétate de plomb et du tanin.

L'addition de ces 2 produits a eu pour effet de nous amener à porter le volume du jus primitif à un autre volume de 110 cm³ qui est par rapport au 1er volume 100 cm³ d'un dixième plus grand ; donc le taux de sucre du jus primitif est dans ce nouveau volume dilué de 1 dixième, trop faible de cette même quantité. C'est pourquoi à la déviation lue 88°4 nous ajouterons son propre dixième, soit :

$$88°4 + 8,84 = 97°24$$

et c'est alors ce dernier chiffre 97°24 que nous multiplierons par le centième du poids normal du saccharimètre, soit 0,1629 pour le poids normal français le plus usité et

$$0,1629 \times 79°24 = 15,74 \text{ de sucre dans le jus.}$$

Nota. — Il existe des tables qui donnent tous ces calculs tout faits. Mais le cadre de cet ouvrage n'en permet pas la publication. Du reste, elle sont faciles à exécuter par soi-même.

Dans le cas où on possède un saccharimètre ayant la graduation Vivien il suffit d'ajouter le dixième et de diviser par 10.

Exemple : Soit lu sur la graduation 130. Le sucre °/₀ de ce jus sera 14,30.

Avec la graduation ordinaire, au lieu d'ajouter le dixième du chiffre lu, on peut encore multiplier les degrés lus, ce qui revient au

Digitized by Google

même, par 0,1792 pour le saccharimètre français à 16 gr. 29 ; et 0,2865 pour le saccharimètre allemand à 26 gr. (jaugeage métrique).

Pour une plus grande précision, il faudrait faire subir au résultat une petite correction due à l'interprétation du volume occupé par le précipité plombique. D'après les essais de Pellet, Nebel et Sostmann, F. Sacchs, etc., cette correction équivaudrait à un volume de 1,3 cm à peu près, qui se traduit par 0,10 à 0,20 (moyenne 0,15) à retrancher du résultat final 15,74.

Sucre en poids de jus, ou sucre °/₀ gr. de jus. — Soit trouvé 15,74 pour le °/₀ de sucre en volume de jus ; donc 15 gr. 74 de sucre sont contenus dans 100 cm³ de jus. Supposons que la densité de ce jus soit 107,6 ; 15 gr. 74 de jus sont contenus dans 107 gr. 6 de jus, dans 1 gr. de jus il y a $\frac{15,74}{107,6}$ gr. de sucre et dans 100 gr. $\frac{15,74 \times 100}{107,6} = 14$ gr. 62.

Le sucre °/₀ en poids de jus est donc 14 gr. 62.

Il est évident que l'on peut directement doser le sucre °/₀ en poids de jus.

Pour cela on pèse 16 gr. 29 ou un de ses multiples avec le saccharimètre Laurent (10 gr. ou un multiple de 10 gr. dans le cas de la graduation Vivien), on les introduit dans un ballon de 100, on défèque au tanin et au sous-acétate de plomb, puis on affleure à 100.

Le résultat lu au saccharimètre indique de suite le sucre °/₀ en poids de jus si on a pesé 16 gr. 29 ; si on a pesé 16 gr. 29 × n, dans n fois 100 cm³, il en est de même encore.

Sucre °/₀ en poids de betterave ou pour 100 gr. de betteraves. — Admettons un instant que nous connaissions exactement la quantité de jus °/₀ contenue dans les betteraves en expérience et que le jus analysé représente bien la moyenne du jus total.

Soit 14 gr. 62 de sucre dans 100 gr. de jus et 95 gr. de jus dans 100 gr. de betteraves.

Dans 1 gr. de jus il y aura 0 gr. 1462 de sucre et dans 95 gr. 0,1462 × 95 ou 14,62 × 0,95 = 13,89.

Le sucre °/₀ de betteraves sera 13 gr. 89.

Il nous a donc suffi pour trouver le sucre °/₀ de betteraves de multiplier le sucre °/₀ en poids de jus par 0,95.

Ce coefficient de 0,95 n'est pas tout à fait exact. On le base sur ce

Digitized by Google

fait d'expérience que les betteraves contiennent en général de 95 à 96 % de jus ; ce qui semble résulter d'un grand nombre d'essais.

Quelques chimistes adoptent le coefficient 0,935 ou 0,93.

D'autres font varier le coefficient avec la densité ou la richesse de la racine.

Quoiqu'il en soit, et bien qu'ordinairement on ne fasse pas souvent la détermination de la quantité de jus dans la betterave, voici cependant comment l'on peut opérer pour y procéder.

Détermination de la quantité de jus contenue dans les betteraves. — MM. Pagnoul, Hollrung, Stammer et v. Lipmann ont fixé à 95 %, en moyenne, la quantité de jus, avec des variations assez faibles en plus ou en moins autour de ce chiffre.

A. — Le Dr von Lippmann pèse un poids déterminé de râpure, *fine et homogène*, dans une petite corbeille en forme d'entonnoir faite d'une toile métallique à mailles très serrées, telle une toile de tamis fin. Cette corbeille est tarée : on suspend cette corbeille dans un récipient, et on l'y abandonne pendant 30 à 40 minutes dans de l'eau distillée entre 65° et 70° de température.

On soumet ainsi la pulpe à une sorte de lavage méthodique que l'on termine ensuite en lavant la râpure avec de l'alcool ; et ensuite à l'éther, afin de sécher l'eau. On place enfin la corbeille dans l'étuve et on dessèche d'abord entre 80° et 90° C. et finalement à 100° C. jusqu'à poids constant.

L'emploi de l'alcool pour le lavage à l'exclusion de l'eau donne des résultats un peu différents.

Pour d'autres chimistes, il suffit de laver à l'eau froide longuement. Sans cette précaution les sels de potasse insolubles deviendraient en partie solubles — puis on dessèche ensuite.

B. — On peut encore se baser pour ce dosage sur ce principe que la quantité d'eau pour % gr. de betteraves est évidemment la même que celle que nous trouverons dans le jus correspondant à 100 gr. Soit E l'eau de 100 gr. de betteraves, e l'eau de 100 gr. de jus, et J la quantité de jus cherchée ; nous aurons

$$J = \frac{100 \times E}{e}.$$

Il suffit de déterminer expérimentalement E et e.

Dosage de l'eau E dans la betterave. — Perpendiculairement au grand axe de la racine, et à différentes hauteurs, on prélève des

Digitized by Google

tranches de betterave excessivement minces. On en pèse, après les avoir découpées de manière à obtenir de fines lamelles, un poids connu : 10 ou 20 gr. ; puis on les dessèche longuement à l'étuve, en ayant soin de chauffer très peu d'abord, et en finissant vers 100° ; Le mieux est encore de placer les lamelles dans un gros tube disposé de telle manière qu'on puisse longuement y faire passer un courant d'air entre 50 et 60°, soit au moyen d'une soufflerie, soit en aspirant par une trompe de l'air chaud. On obtient facilement de l'air chaud en faisant passer l'air dans un tube métallique chauffé extérieurement plus ou moins fort, par une flamme quelconque. Quel que soit le dispositif employé, il ne faut pas qu'il se produise de points noirs sur la matière. Il est bon de ne pas même atteindre 100° mais de rester vers 95° au plus vers la fin de l'opération.

Souvent les résultats trouvés sont trop forts.

Il faut s'assurer, comme dans tout dosage d'eau, qu'un nouveau séjour à l'étuve ne produit plus d'effet lorsque l'on croit l'opération terminée.

Dosage de l'eau (e) dans le jus de betteraves — ou détermination du Brix réel. — On pèse un certain poids de jus sur une petite plaque de verre tarée et on dessèche avec précaution comme ci-dessus ; on pèse ensuite ; la différence des deux pesées donne l'eau contenue dans le poids de jus pesé. On en déduit le pourcentage qui est ainsi exprimé en *Brix réel poids de jus*. En le multipliant par la densité (1076 pour l'exemple choisi), on a le chiffre exprimé en volume ou Brix réel en volume. On exécute mieux encore cette dessiccation en opérant comme il est dit plus loin pour la détermination des brix réels, dans la méthode générale d'analyse des matières sucrées, en se servant de pierre ponce.

Dosage des sucres réducteurs ou glucoses dans le jus de betteraves. — Les betteraves, surtout quand elles sont conservées, contiennent des sucres réducteurs. Pour en faire le dosage dans le jus on introduit 2 cm³ de liqueur cuivrique dans un tube à essai, puis on remplit une burette de 25 cm³ graduée en dixièmes avec le jus déféqué et filtré qui a servi pour le saccharimètre. On dose ensuite la glucose comme le sucre interverti dans le dosage du sucre par inversion cuivrique.

La quantité de glucose étant généralement très minime, la réaction n'est pas aussi nette que dans le dosage dont nous allons parler : en

Digitized by Google

versant une ou deux gouttes de liquide sucré on ne voit pas très bien la précipitation ; le dosage est ici terminé quand le liquide clair contenu dans le tube a perdu sa teinte bleue, puis verte, quand enfin il est devenu jaune-paille, couleur du jus déféqué et filtré.

Supposons 8 cm³ 4 de liquide sucré employé :

Il faut 0 gr. 05 de glucose pour précipiter 10 cm³ de liqueur cuivrique, il faut donc 0 gr. 01 pour précipiter 2 cm³ ; ces 0 gr. 01 sont contenus dans les 8 cm³ 4; dans 1 cm³ on aura 8,4 fois moins et dans 100, 100 fois plus ou $\frac{0.01 \times 100}{8,4} = \frac{1}{8,4}$. En appelant n le nombre de cm³ de liquide sucré employé on aura : Glucose $^0/_0 \frac{1}{n}$.

Dosage du sucre en volume par inversion et emploi de la liqueur cuivrique. — Cette méthode est basée sur la propriété que possède le sucre interverti de décomposer la liqueur de cuivre (voir sa préparation plus haut).

On se sert d'une liqueur telle que 0 gr. 05 de sucre interverti décomposent complètement 10 cm³ de liqueur.

On mesure 5 cm³ de jus qu'on introduit dans un ballon de 250 cm³ avec 10 cm³ d'acide sulfurique étendu (100 gr. environ par litre), puis de l'eau de manière à avoir de 150 cm³ à 200 cm³ de liquide. On met le tout au bain-marie et on l'y laisse environ 20 minutes à partir du moment où l'eau de ce bain est portée à l'ébullition. On refroidit, on neutralise l'acide au moyen d'un peu de carbonate de soude et de sous-acétate de plomb, on affleure à 250 cm³ et on filtre. On remplit alors une burette de 25 cm³ graduée en dixièmes avec le liquide filtré ; puis on introduit 10 cm³ de liqueur cuivrique, avec quelques morceaux de pierre ponce pour faciliter l'ébullition, dans un petit tube à essai qu'on tient au-dessus d'une lampe à alcool ou d'une flamme de gaz ; quand la liqueur commence à bouillir on y verse 2 cm³ à 3 cm³ de liquide sucré goutte à goutte tout en maintenant l'ébullition, le liquide se trouble, rougit ; on laisse reposer, un précipité de sous-oxyde de cuivre tombe au fond du tube ; on continue l'opération, le liquide clair après repos est bleu, puis vert, il s'approche de plus en plus du jaune ; alors on verse deux gouttes à la fois de liquide sucré sur la liqueur reposée, on regarde le tube à la hauteur de l'œil devant une fenêtre bien éclairée. Si alors, en agitant légèrement, le liquide forme en se mélangeant un léger nuage, l'opération n'est pas terminée ; on ajoute de nouveau deux gouttes en

Digitized by Google

observant comme précédemment et ainsi de suite jusqu'à ce qu'une goutte ne produise plus de trouble, alors l'opération est terminée et la dernière goutte est en trop.

Soit employés 19 cm³ de liquide sucré ; ces 19 cm³ contiennent 0 gr. 05 de sucre et 250 cm³ ou 5 cm³ du jus primitif $\frac{0,05 \times 250}{19}$ ce qui donne pour 100 cm³ de jus de betteraves $\frac{0,01 \times 250 \times 20}{19} = 13$ gr. 158.

Le sucre °/₀ en volume de jus est donc 13 gr. 158.

En appelant V le volume du jus étendu, v le volume employé pour décomposer les 10 cm³ de liqueur et a le volume du jus prélevé la formule générale est $\frac{0,05 \times V \times 100}{V \times a}$.

Pour opérer exactement il faudra poser la glucose contenue dans la betterave et la retrancher du sucre trouvé par inversion. Il est bien évident que par le même procédé, on pourra doser directement le sucre °/₀ en poids de jus ; il suffira d'opérer sur un poids connu de jus au lieu d'opérer sur 5 cm³ par exemple. On remplace alors pour le calcul, dans la formule précédénte, a par p, le poids de jus introduit dans le ballon de 250 cm³. Ce procédé était autrefois assez employé.

Les procédés qui permettent de déterminer la quantité exacte de jus dans la betterave laissent à désirer. On ne sait pas exactement le coefficient à appliquer pour passer du sucre °/₀ gr. de jus au sucre pour 100 gr. de betteraves.

C'est pourquoi on a été amené à rechercher *le dosage direct* du sucre dans la pulpe même de la betterave.

Méthodes alcooliques. — Analyse directe de la betterave. — Les méthodes alcooliques qui furent les premières avec lesquelles on a pu déterminer le sucre en poids des betteraves, ne sont pas pratiques industriellement en ce sens qu'elles sont trop longues et délicates. Aussi nous les mentionnons plutôt que nous ne les expliquons.

De l'extraction alcoolique Scheibler. — Riffard avant Scheibler, se servant du digesteur de Payen, dont l'appareil de Scheibler n'est que le perfectionnement, avait employé l'alcool pour extraire directement le sucre de la betterave. La partie essentielle de l'appareil est le tube A (fig. 293) dans lequel on introduit la râpure au moyen de l'entonnoir T spécial. On en pèse un poids quelconque ; le tube ayant

Digitized by Google

été pesé avant l'introduction de la râpure, on le repèse ensuite, l'augmentation de poids donne la quantite introduite. Cette quantité doit être assez volumineuse pour recouvrir les orifices O O'. Il faut éviter

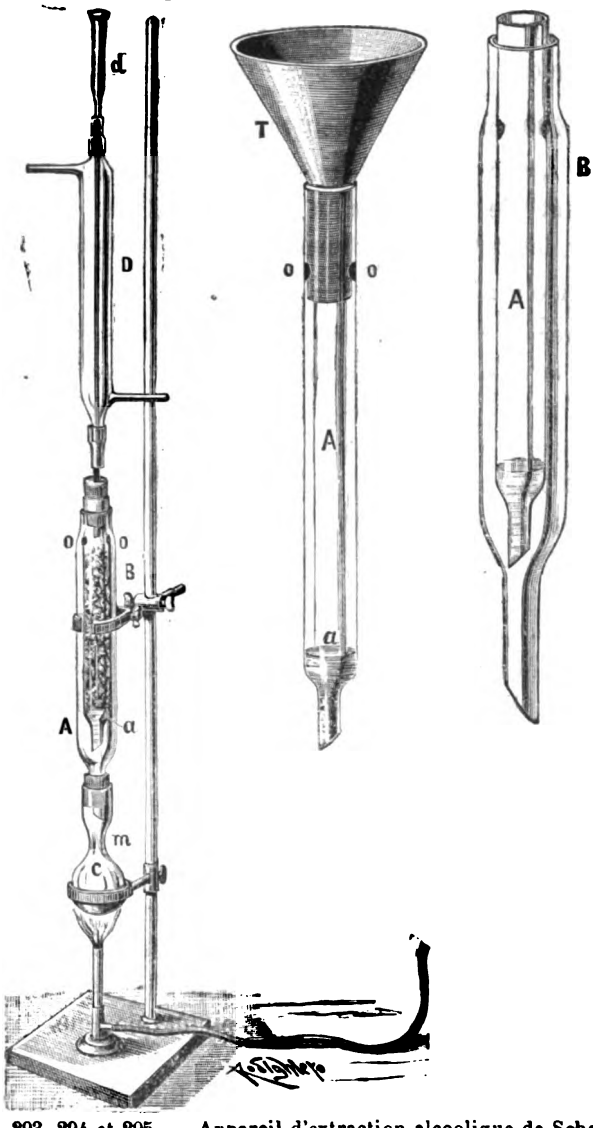


Fig. 293, 294 et 295. — Appareil d'extraction alcoolique de Scheibler.

de tasser la râpure pour laisser passage à l'alcool, au fond du tube A ; en *a* se trouve un peu d'amiante ou de coton.

On monte alors A sur le ballon gradué C, et aussi le condenseur réfrigérant D, comme la fig. 293 l'indique. Par le tube *d* qui traverse

Digitized by Google

le réfrigérant on introduit de l'alcool à 85° Gay-Lussac environ 80 cm³. On chauffe alors en faisant passer le courant d'eau froide dans le réfrigérant en D.

La vapeur d'alcool monte dans l'espace existant entre A et B, passe par O O′, se condense dans le réfrigérant, retombe sur la pulpe à épuiser qui a été échauffée par le passage des vapeurs d'alcool, et entraîne dans le ballon C (qui est de 100 cm³) le sucre dissous. Et ainsi de suite.

Après 40 minutes environ, parfois plus, l'épuisement doit être terminé (on le vérifie en pratiquant sur la pulpe épuisée un second épuisement qui ne doit pas donner trace de sucre).

On sépare le ballon C du reste de l'appareil, on le fait refroidir, on défèque et on affleure avec de l'eau ; on filtre et on passe au saccharimètre. Tel est le principe de la méthode qui date de 1879 ; l'appareil de la fig. 293 n'est plus guère employé aujourd'hui. *Il est remplacé par l'appareil Scheibler-Sickel*, ou ce qui revient à peu près au même par l'appareil de Soxhlet (fig. 296 et 297). Ces méthodes ne sont guère que des modifications de celle de Scheibler. Dans cet appareil, la communication entre le tube A et le ballon C ne se fait pas directement, mais, par l'intermédiaire du tube en siphon D.

Le poids normal simple ou double, 16 gr. 29 ou 32 gr. 58 pour le saccharimètre français, et 26 gr. ou 52 gr. pour l'appareil type Wenzke, est pesé dans une capsule et additionné de 3 ou 6 cm³ de sous-acétate de plomb. La pulpe doit être réduite de préférence en râpure fine par un des appareils que nous mentionnerons bientôt quand nous parlerons de la digestion aqueuse à froid.

On fait ensuite couler la pulpe au moyen d'un filet d'alcool à 85° Gay-Lussac dans l'intérieur de l'extracteur A, au fond duquel un peu d'amiante retient la pulpe.

Pour faciliter le nettoyage de l'appareil, la pulpe une fois épuisée, on place souvent au-dessus de ce tampon d'amiante un petit panier fait en toile de nickel, munie d'une anse en fil de même métal, qui s'adapte exactement aux parois internes de l'extracteur.

On rince la capsule et l'agitateur qui a servi à faire descendre la pulpe dans l'extracteur avec un filet d'alcool, et on emploie en tout environ 80 cm³ d'alcool.

On achève le montage de l'appareil, on met l'eau dans le réfrigérant.

Digitized by Google

Lorsque l'on chauffe au bain-marie qui est muni d'un couvercle laissant passer le col du ballon, les vapeurs alcooliques montent et par le tube BEA, emplissent la partie supérieure de l'extracteur A, ainsi que le tube central du réfrigérant de Liebig où elles se condensent.

Elles retombent condensées sur la pulpe chaude qu'elles ne tardent pas à baigner entièrement d'alcool. Mais alors l'alcool qui monte

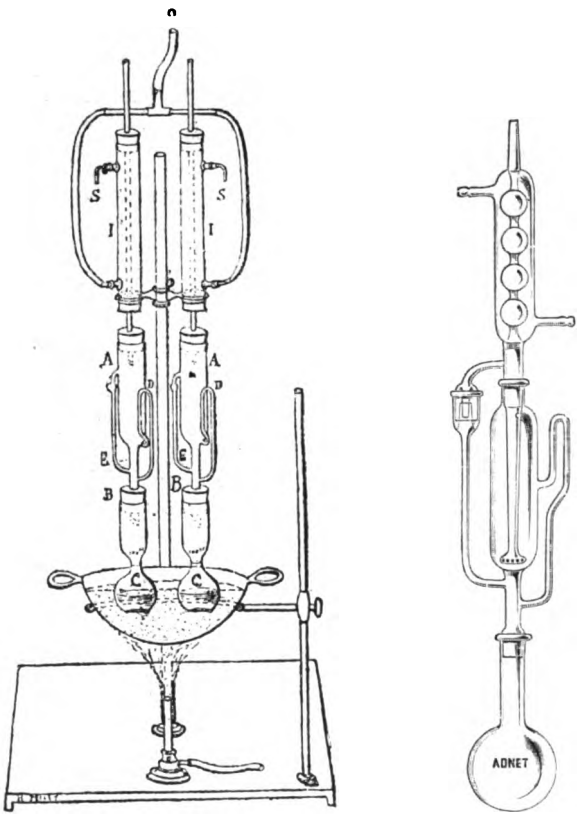


Fig. 296 et 297. — Appareil d'extraction de Sohxlet.

également dans le siphon D amorce celui-ci, qui fonctionnant par intermittences, renvoie l'alcool chargé de sucre dans le ballon C.

Et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'on arrête l'opération qui dure de 3/4 d'heure à une heure.

Pour arrêter, on saisit l'instant où une dernière portion d'alcool vient de redescendre dans le ballon C pour séparer ce dernier du reste de l'appareil.

On refroidit le ballon à la température normale, on jauge avec de

Digitized by Google

l'alcool à 85°-90° jusqu'au trait 100 cm³, on agite soigneusement et on filtre.

Pour empêcher l'évaporation de l'alcool pendant la filtration, on se sert d'un entonnoir muni d'un couvercle. Cet entonnoir repose aussi directement sur une petite éprouvette sans bec qu'il ferme ainsi complètement lui-même. Les premières parties filtrées sont rejetées.

On lira alors au polarimètre avec un tube de 40 cm³.

Si l'on a pesé 1 fois le poids normal de pulpe, la lecture sera divisée par 2, et par 4 si on a pesé 2 fois le poids normal, le volume final étant 100 cm³ et le tube d'observation ayant une longueur double du tube type normal.

Il existe des appareils placés sur des supports et plongeant dans de grands bains-marie permettant de mener à la fois 4 ou 6 extractions (fig. 298).

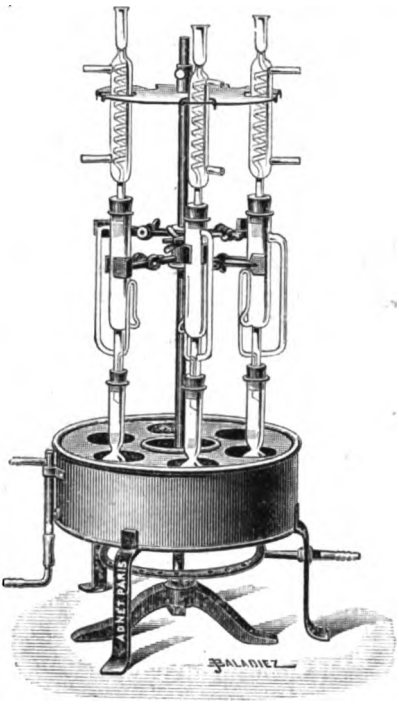


Fig. 298.

De la digestion aqueuse à chaud, et analyse des cossettes fraîches. — Si l'on vient à prendre la pulpe épuisée plusieurs fois par l'alcool de l'appareil Scheibler-Sickel, et qu'on la fasse macérer dans l'eau chaude, on voit que le liquide qui résulte de cette macération dévie encore fortement à droite la lumière polarisée.

M. H. Pellet a étudié la nature de ces matières, parmi lesquelles il faut citer les matières pectiques ; la glutamine, les acides malique et glutanique, l'asparagine, etc. C'est d'ailleurs pourquoi l'emploi de l'alcool est d'une nécessité absolue dans l'analyse directe Scheibler ou les procédés qui en dérivent, ces matières optiquement actives ne se solubilisant pas dans l'alcool. Mais il a été démontré que les dites matières se précipitent entièrement à l'état de sels de plomb, lorsque l'on emploie une quantité suffisante de ce réactif.

Or, le sucre est moins soluble dans l'alcool concentré, tandis qu'il est facilement soluble dans l'eau.

Digitized by Google

M. H. Pellet a basé sur l'ensemble de ces remarques son procédé d'analyse de la digestion aqueuse.

Alors que dans l'extraction alcoolique, les quantités de sous-acétate doivent et peuvent rester faibles, au contraire dans la digestion aqueuse, tant à chaud qu'à froid, il faut employer le sous-acétate de plomb en quantité suffisante, ce que l'on reconnaît en examinant au papier neutre de tournesol le liquide filtré d'une digestion aqueuse. Ce papier doit présenter alors une réaction alcaline.

Avant de donner la manière d'opérer, il est nécessaire de parler des hache-cossettes.

Si la pulpe qui sort de la râpe à tambour ne contient pas trop de semelles, elle peut servir à la digestion aqueuse à chaud, mais il vaut mieux la diviser encore en la passant dans un hache-cossettes.

Si la betterave à analyser est un échantillon de cossettes du coupe-racine, on ne saurait passer à la râpe cet échantillon. On le fera passer au hache-cossettes.

La construction de cet instrument n'est pas indifférente.

Il doit répondre aux trois conditions principales suivantes :

1° Découper la cossette en fragments suffisamment divisés, donc petits par conséquent.

2° Exécuter cette division sans presser la cossette, en un mot, sans extraire par aucune pression le jus de la betterave.

3° L'instrument doit être facilement lavable et ne présenter ni anfractuosités, ni angles accusés dans lesquels pourraient s'accumuler des fragments de betterave qui, échappant aux nettoyages, seraient une cause de fermentations et d'erreurs possibles ensuite.

Le hache-cossettes à couteaux mobiles peut être employé. Il est composé d'un seul cylindre en fonte muni de dents parallélipipédiques disposées en hélice ; ces dents passent entre des couteaux verticaux disposés dans le fond de l'appareil, et divisent la cossette tout en la faisant avancer (fig. 299).

On peut encore employer très avantageusement un hache-viande du type américain, tel le « Skara » et mieux encore la marque « enterprise Food Chopper » qui ne possède aucun couteau intérieur et pas de contre-plaque, ce qui supprime toute pression.

Les hache-viandes à contre-plaque et à couteaux intérieurs donnent parfois de la cossette mousseuse, et séparent une petite quantité de jus de la pulpe de la betterave au détriment de l'exactitude des résultats.

Digitized by Google

La fig. 300 représente « le skara » qui est d'un bon usage. On le monte avec le couteau à 4 branches, en ayant soin de le tourner convenablement, puis on met la plaque P à trous de 4 mm. 5 de diamètre, et enfin l'écrou de fermeture E avec sa rondelle R.

Il est bon de remplacer la manivelle M par un petit volant à manivelle, et de faire fixer solidement l'appareil à la table par un petit collier en fer ou de toute autre manière. Mais il faut faire en sorte, en le fixant, que l'appareil entier soit un peu incliné du côté de la sortie

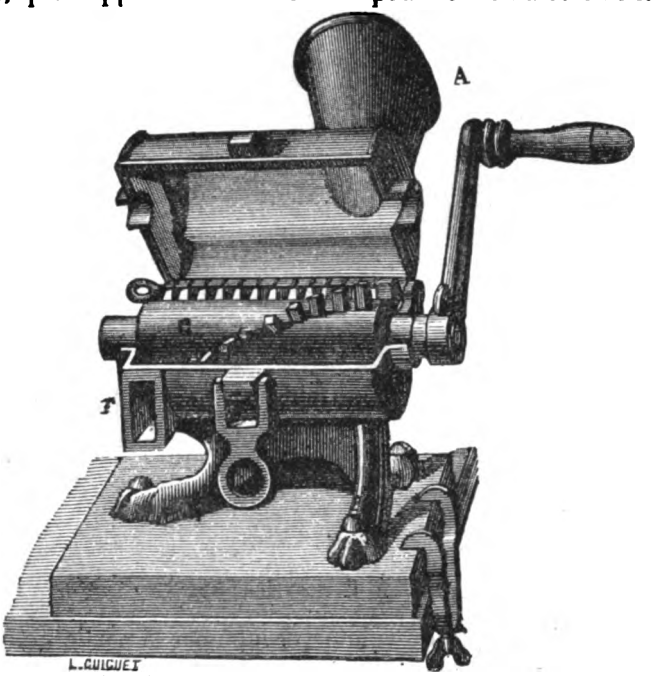


Fig. 299. — Hache-cossettes à couteaux mobiles.

de la hachure, afin que dans le cas où il y aurait une légère séparation de jus, ce jus puisse être entraîné au dehors, et retombe sur la hachure dans le récipient que l'on met sous la sortie de l'appareil pour la recevoir.

S'il s'agit de cossettes fraîches, l'échantillon bien mélangé sera rapidement passé au hache-cossettes ; la hachure sera reçue dans une grande assiette et rapidement mélangée. Avec le Skara on enlèvera l'écrou E, la rondelle R et la plaque à trous P pour vider ce qui reste de hachure dans l'appareil et la joindre à celle qui est sortie du hache-cossettes.

On mélangera le tout intimement.

Digitized by Google

Dans une capsule à large bec et par la double pesée, on pésera selon le saccharimètre :

25 gr. 90 de pulpe pour le saccharimètre	allemand à . .	26 gr.	»
19 gr. 94 » »	international à	20 gr.	»
16 gr. 24 » »	français à . .	16 gr. 29	

soit encore le double de ces poids. (1)

Si l'on veut conserver les poids normaux, on fera les volumes sui-

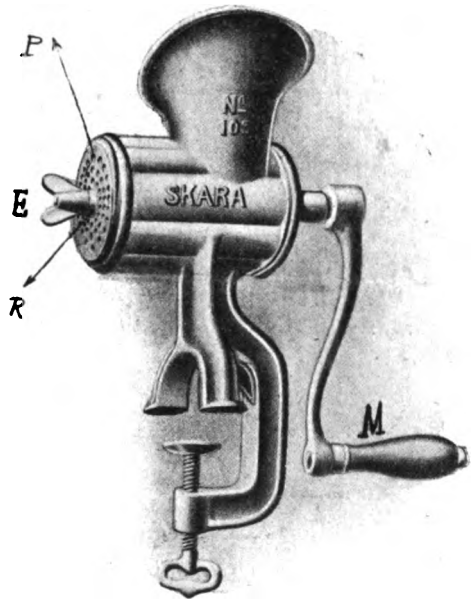


Fig. 300. — Hache-viande Skara.

vants pour tenir compte du volume occupé par la partie non soluble de la pulpe.

Avec 16 gr. 29	200 cm³ 6
» 20 gr. »	200 cm³,75
» 26 gr. »	200 cm³,95
» 32 gr. 58	201 cm³

Mais il est préférable de n'employer d'autres ballons que ceux qui ne portent plus qu'un trait de jauge à 200 cm³ et de peser 2 fois les poids normaux saccharimétriques réduits en conséquence. Pour faire passer la pulpe dans ces ballons (fig. 301) on se servira avantageusement d'un petit entonnoir en nickel à large douille qui porte, suivant

(1) La double poids ne peut guère être utilisé que dans le cas du polarimètre à base 16 gr. 29 pour l'analyse de la betterave, ou de la cossette épuisée ; et seulement pour l'analyse de la cossette épuisée dans les polarimètres à base 20 grammes, ou 26 grammes, ou 26 gr. 48.

Digitized by Google

3 génératrices du cône et à l'extérieur, trois petites tiges de métal soudées, régulièrement distribuées, de façon que l'entonnoir en reposant sur l'orifice du col du ballon, ne fasse pas corps avec lui et permette l'expulsion de l'air pendant l'emplissage (fig. 302).

Avec le jet d'une pissette d'eau chaude, on projette la pulpe pesée dans l'entonnoir en entamant la petite masse de pulpe par la partie qui est la plus proche du bec de la capsule, et en chassant le reste progressivement. Il faut que l'eau soit chaude à 80° environ, on lave la capsule et l'entonnoir plusieurs fois, puis on ajoute 8 cm³ de sous-acétate de plomb à 30° B., le tout formant un volume de 160 à 170 cm³.

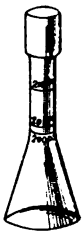


Fig. 301.

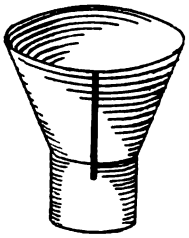


Fig. 302.

On mélange, en imprimant au ballon quelques mouvements giratoires et non, bien entendu, par retournement.

Puis on porte au bain-marie à 85°-90° de température.

L'eau du bain-marie doit être extérieurement au moins à la même hauteur que le liquide dans le ballon.

Pendant ce 1er chauffage, on agite de temps en temps par des mouvements giratoires.

Après 20 minutes de chauffage, on abat la mousse avec quelques gouttes d'un mélange d'éther et d'alcool, et on ajoute alors de l'eau chaude en agitant, jusqu'à venir un peu *en dessus* du trait de jauge; on remet au bain-marie pendant encore 20 minutes.

On refroidit ensuite dans un bac à eau froide, on abat la mousse et on affleure à 200 cm³.

Par le refroidissement, le liquide chaud qui montait à quelques millimètres au-dessus du trait de jauge descend en dessous, ce qui permet d'affleurer à 200 cm³.

On agite alors par retournement. On laisse reposer quelques minutes afin de laisser aux liquides le temps de se mettre en équilibre osmotique complet ; on agite de nouveau, on filtre, on ajoute au filtrat quelques gouttes d'acide acétique ; on polarise. Si on a pesé 1 fois le poids normal, lire au tube de 400 mm. : on a le résultat direct.

Si on a pesé 2 fois le poids normal, on peut lire au tube de 200 mm., on a le résultat direct encore. Mais il vaut mieux aussi dans ce cas

Digitized by Google

lire au tube de 400 mm. et diviser le résultat par deux, de manière à réduire ainsi l'erreur relative, si elle se produit dans la lecture.

De la digestion aqueuse à froid. — Jusqu'à présent, la pulpe sur laquelle nous avons opéré était produite par une râpe, et les fragments de betterave constituant cette pulpe, étant encore d'une grosseur appréciable, il était nécessaire de les faire diffuser à chaud assez longuement, jusqu'à ce que les liquides intérieurs aux cellules non déchirées, et le liquide extérieur à ces cellules, celui du ballon de 200 cm³, fussent à un même taux de sucre.

Mais si, grâce aux râpes spéciales et appareils qui vont être décrits on obtient une pulpe extrêmement fine, une pulpe crème, dans laquelle toutes ou presque toutes les cellules sont séparées ou déchirées, il deviendra possible d'opérer à froid et dans un temps très court. C'est là la digestion instantanée à froid de Pellet.

Elle ne diffère en somme en rien de la digestion aqueuse à chaud, si ce n'est par la finesse de la pulpe, et l'absence de tout chauffage.

Ce n'est donc plus qu'une question d'appareils.

Dans ces derniers, il faut placer parmi les plus anciens la Râpe conique de Pellet et Lomont, fig. 303 et 304. L'instrument que la figure

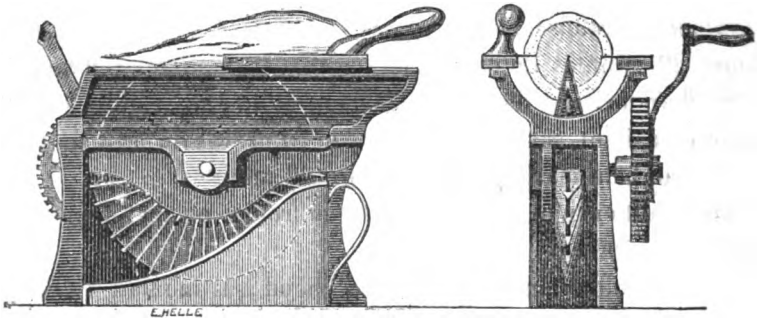


Fig. 303 et 304 — Râpe conique de Pellet et Lomont.

représente est à lames de scie, et était destiné à la production de pulpe non fine. Ainsi monté il remplace la râpe à tambour dont nous avons parlé dans l'analyse indirecte, et la pulpe qu'il produit peut être utilisée tant pour la digestion aqueuse à chaud, que pour être passée à la presse, afin d'en obtenir le jus en vue d'analyse. Mais si l'on remplace la partie agissante, c'est-à-dire le tambour de forme lenticulaire par un tambour identique, quant à la forme générale, mais dont la surface, au lieu d'être armée de lames de scie, est

Digitized by Google

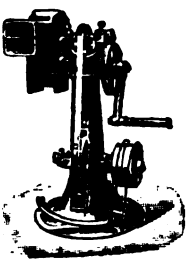
taillée comme peut l'être une râpe ou lime à bois, on obtient ainsi la râpe Pellet-Lomont à disque dit à taille de Keil.

Cet appareil donne alors de la pulpe fine analysable à froid.

Il pratique sur chaque betterave, et dans le sens de son plus grand axe, une entaille angulaire ayant une ouverture de 30°, soit environ le 1/12e de la betterave.

Pour cela on place la betterave sur un couteau-guide, en ayant soin de la fixer sur les bords tranchants intérieurs, de telle sorte qu'elle se trouve prise par l'axe. On pousse le tout en même temps que l'on fait tourner la râpe. Le bord extrême de la circonférence du disque passe toujours par le centre de la betterave. Dans le même ordre d'idées citons encore la râpe Kiehle pour betteraves, et le moulin Kiehle pour cossettes (fig. 305 et 306).

Presse Sans-Pareille. — La Presse Sans-Pareille, de MM. Mastain et Delfosse, se compose essentiellement d'un cylindre résistant en



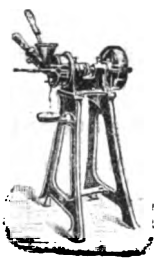


Fig. 305 et 306. — Râpe Kiehle pour betteraves pour cossettes.

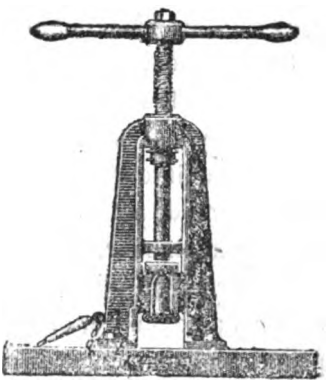


Fig. 307. Presse Sans-Pareille.

acier, offrant une partie supérieure en forme de cuvette ou d'entonnoir, et se terminant à sa partie inférieure par une couronne biseautée taillée en dents de scie petites et régulières. Cette couronne est une bague d'acier entrée à frottement dur dans un logement qui lui est réservé à la base du cylindre. Elle est ainsi rendue interchangeable en cas d'avarie. Le cylindre est fileté d'un pas de vis extérieur à sa base ; ce qui permet de visser sur cette partie une sorte d'écrou obturateur formant diaphragme résistant, en acier également. Ce diaphragme est creusé à l'intérieur d'une gouttière circulaire, ménageant au centre du diaphragme une surface plane en forme de table circu-

Digitized by Google

laire ronde, à la périphérie ou sur les bords de laquelle viennent buter l'extrémité inférieure des dents de la couronne du cylindre, lorsqu'on y adapte, en le vissant, l'écrou obturateur.

D'autre part, le fond de la gouttière circulaire est percé de cinq lumières en forme d'arc faisant communiquer le fond de la gouttière circulaire avec l'extérieur du système.

Un piston entre à frottement doux dans le cylindre par le haut (fig. 307).

Une arcade en fonte complète l'appareil avec, à sa partie médiane, un guide pour le piston, et en dessous de ce guide un berceau en forme de fer à cheval disposé pour recevoir le cylindre quand on veut le soumettre à l'action du piston. Ce dernier est monté librement à l'extrémité d'une forte vis à filet carré que l'on peut mouvoir par un bras (fig. 307). Le cylindre porte un petit tuyau qui, partant de la cuvette supérieure, joue comme un trop plein, et ramène le jus produit dans le même récipient qui, disposé sous le cylindre, reçoit la betterave transformée en pulpe.

Pour se servir de l'appareil, on visse l'écrou de manière à ce que les dents de la couronne taillée butent bien exactement sur les bords de la table dont nous avons parlé.

On remplit le cylindre soit de cossettes fraîches passées au hache-viande, soit de menus morceaux de betterave découpée, soit de râpure de râpe à tambour, etc. : on s'assure que le tuyau de trop plein n'est pas obstrué. On place le cylindre dans son berceau, une capsule en dessous du cylindre, et on fait descendre le piston. La betterave comprimée violemment, passe dans les interstices des dents de la couronne, remplit la gouttière circulaire, et par les lumières tombe dans la capsule à l'état de pulpe fine très divisée.

L'opération est terminée lorsque le piston bute au fond du cylindre sur la table de l'écrou.

A ce moment, on remonte le piston ; on sort le cylindre, on dévisse l'écrou, et avec une petite spatule on fait tomber ce qui reste dans les lumières, et dans la gouttière circulaire sur ce qui est dans la capsule : *ceci est important*. Une fois le tout réuni, on mélange soigneusement, et on peut alors peser le poids nécessaire à l'analyse directe ; les poids sont ceux de la digestion aqueuse à chaud. Il faut toujours examiner les dents de la couronne, parce qu'il peut arriver que des corps étrangers, tels que de petites pierres ou de la terre,

Digitized by Google

se trouvent dans la betterave, et brisent une ou quelques dents. Si cela arrive il faut changer la couronne. La pulpe produite dans ces conditions serait à rejeter comme donnant des résultats trop faibles, à cause de son manque de finesse.

Il existe deux modèles de presse S. P. qui ne diffèrent que par la grandeur.

Procédé F Sachs et A. Le Docte. — Ces savants pèsent le poids normal (26 gr.) de pulpe fine dans une capsule spéciale. On y ajoute 4 cm³ de sous-acétate au moyen d'une pipette spéciale automatique et 177 cm³ d'eau par le même moyen mécanique : on ferme la capsule avec un couvercle étanche, et l'on agite fortement. Il n'y a plus qu'à filtrer et à lire au polarimètre, dans un tube de 400 mm. Ainsi la jauge est exacte, et il n'y a pas à se préoccuper de l'air emprisonné dans la râpure, mais il faut admettre que le volume de 26 gr. de pulpe fine non compris l'air, est toujours constant pour toutes les betteraves, ce qui est pratiquement vrai.

Des pipettes automatiques ont été établies pour les poids normaux français. On procède alors de même.

M. Krüger, se basant sur ce fait que, en admettant 95 °/₀ de jus dans la betterave, le poids normal saccharimétrique contient

$$P_n \times 0{,}95 \text{ de jus}$$

ce qui pour 26 gr. 048 du polarimètre allemand fait 24 gr. 745 de jus, calcule le volume de ce jus en prenant la densité moyenne de 1,07 : ce qui donne

23 cm³ 12 de jus; donc en mélangeant à 26 gr. 048
de râpure fine 76 cm³ 88 d'eau
on a un total de 100 cm³ 00 de liquide.

Et dès lors, la proportion de 26 gr. 048 à 76 gr. 88 étant sensiblement dans le rapport de 1 à 3, M. Krüger en a déduit le procédé : on mélange un poids déterminé de pulpe fine avec trois fois son poids d'eau additionnée à l'avance de 1/10ᵉ de sous-acétate de plomb.

Ce volume d'eau est mesuré par une pipette automatique (fig. 308 *a*). spéciale construite par M. Primavesi de Magdebourg.

La pipette s'emplit par le tube A, et l'air qui est dans la pipette s'échappe par le tube B.

Les deux robinets à trois-voies R et R′ sont solidaires ; leurs clefs

Digitized by Google

sont reliées par une barre de manœuvre, G*g* ; de sorte que le robinet R est ouvert quand R′ est fermé et réciproquement.

Quand les robinets sont en position de vidange (fig. 308 *b*) l'air rentre dans la pipette grâce à un petit trou pratiqué dans le boisseau du robinet R.

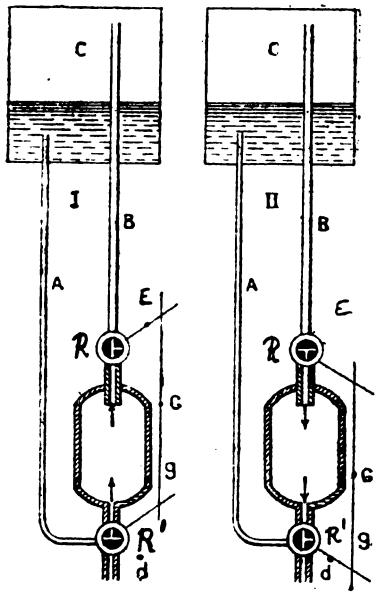


Fig. 308, *a* Fig. 308, *b*

Enfin E et *d* sont des butoirs limitant la course du levier de manœuvre et déterminant ainsi la position nécessaire des robinets pour le fonctionnement.

Comme on ne peut donner à cette pipette un volume définitif pour tous les appareils semblables construits, on mesure au préalable par la pesée le poids d'eau distillée que la pipette peut contenir et on prend comme poids normal pour la râpure à peser le tiers de ce poids d'eau.

La râpure pesée, le reste se pratique comme dans le procédé Sachs et A. Le Docte, dont M. Krüger n'a réalisé en somme qu'une simplification. Nous en resterons là de l'exposition des divers procédés permettant le dosage direct du sucre dans la betterave, la matière est du reste abondante et ne trouverait pas place dans le cadre restreint de cet ouvrage, non plus d'ailleurs que les différentes critiques auxquelles peuvent donner lieu les divers procédés, soit pris séparément, soit même dans leur ensemble. Nous renverrons pour cela le lecteur aux revues et journaux spéciaux à l'industrie sucrière.

Interprétation des résultats de l'analyse de la betterave sucrière. — Nous connaissons : La densité à 15°, ou le brix apparent.

Le sucre pour 100 cm³ de jus	15,74
» » grammes de jus.	14,62
» » » de betteraves par le coefficient 95	13,89
» » » » analyse directe : soit	13,60
Les glucoses ou sucres réducteurs : soit.	0,08
Les cendres pour 100 cm³ de jus	0,83

Si l'on a déterminé la densité, au moyen des tables de concordance, on aura le Brix apparent volume et poids, ou réciproquement

Digitized by Google

si c'est le Brix poids apparent qui a été déterminé. Donc, comme il a été dit, on calculera la pureté apparente :

A la densité 107,6 correspond un Brix volume de 18,28 et de 17,08 en Poids, d'après la table des Brix Scheibler à 15°. — Pour opérer exactement et selon ce que nous avons dit à ce sujet, il eût fallu multiplier la densité par 100,083, car à la température où la table a été calculée le volume 1000 cm³ à 4° vaut 1000 cm³ 83 à 15° — nous négligerons cette solution en analyse courante.

D'où : $$\text{Pureté apparente} = \frac{15,74 \times 100}{18,28} = 86,10.$$

Si l'on a déterminé l'eau réelle, on a le Brix réel, et on calcule la pureté réelle.

On aura le quotient salin en divisant le sucre en volume par les cendres en volumes, ou le sucre poids par les cendres en poids.

Soit : $$\text{q. s.} = \frac{15,74}{0,83} = 18,96.$$

Cette formule de comparaison conventionnelle s'applique à toute analyse de produit sucré — nous l'indiquons à cette place une fois pour toutes ainsi du reste que celles qui suivent :

Enfin en retranchant de 100 d'une part le Brix réel, d'autre part le Brix apparent, on aura l'eau réelle et l'eau apparente. En additionnant ensemble

Le sucre volume	ou	le sucre poids
La glucose volume	ou	la glucose poids
Les cendres volume	ou	les cendres poids
L'eau apparente volume	ou	l'eau apparente poids

on a un total qui, retranché de 100, donne les matières organiques apparentes en volume ou les matières organiques apparentes en poids. *On aura le coefficient organique apparent* en divisant ces matières organiques par les cendres.

$$\text{Coefficient organique} = \frac{\text{Matières organiques}}{\text{Cendres}}.$$

Si, dans les additions ci-dessus, on remplace uniquement l'eau apparente par l'eau réelle, on a l'analyse réelle, qui donne les matières organiques réelles ainsi que le coefficient organique réel, et nous savons d'autre part calculer le quotient de pureté réel.

On inscrira encore au-dessus de l'analyse le Brix apparent ou le Brix réel.

Digitized by Google

Ordinairement on ne détermine ni le Brix réel, ni les matieres organiques réelles.

ANALYSE DU JUS DE DIFFUSION

L'analyse du jus de diffusion ne diffère en rien de celle de l'analyse du jus de betterave, puisque le jus de diffusion n'est que du jus de betterave plus ou moins dilué.

Toutefois, la prise de la densité ne donnera pas lieu aux mêmes précautions ; on peut la faire sans attendre un quart d'heure.

Nous renvoyons donc pour le reste à ce qui a été dit au sujet du jus de betterave.

La prise de l'échantillon peut avoir lieu de différentes manières ; on peut faire prendre à chaque diffuseur soutiré une petite mesure que l'on fera verser dans un bocal préparé à l'avance ou dans une fiole graduée contenant une quantité de sous-acétate de plomb telle que la fiole étant pleine le jus contienne 1/10e de sous-acétate.

Mais comme cet échantillon ne peut servir pour la prise de la densité ni pour le dosage des cendres, on devra faire confectionner un 2e échantillon semblable au 1er, mais sans sous-acétate.

Pour le conserver, on aura mis dans le récipient destiné à le recevoir quelques gouttes de formol. Il va sans dire que la propreté de ces récipients devra être rigoureuse. Et même avec ces précautions il faut faire des réserves : on doit relever l'échantillon souvent, sans quoi l'altération du jus peut être des plus rapides.

La cossette fraîche apportée dans la batterie, et sur laquelle pendant le meichage vient séjourner le jus de diffusion à soutirer, apporte dans ce dernier jus des microbes et ferments organiques qui rendent la conservation d'un échantillon de jus de diffusion toujours problématique, même avec le formol, si l'on ne prend pas les plus grandes précautions de propreté.

Malheureusement, avec ce mode d'opération il faut compter sur un ouvrier, le chef de batterie par exemple, pour prélever tous ces petits échantillons à chaque diffuseur ; de plus, pour avoir le vrai échantillon moyen, il faudrait mélanger le jus du bac à chaque prélèvement. Tout cela n'est guère pratique, si l'on n'a pas un personnel spécial à sa disposition, ce qui est rare.

M. Horsin Déon a inventé un petit appareil remplissant toutes les conditions requises pour que l'échantillon soit bien pris.

Digitized by Google

Echantillonneur automatique Horsin-Déon. — Il est utile d'avoir un échantillon aussi moyen que possible du jus entrant en travail, c'est le but de l'échantillonneur (fig. 309 et 310).

Sa construction repose sur un robinet à 3 eaux qui, mû par un flotteur, met en communication un tube d'une capacité donnée tantôt avec le bac mesureur, tantôt avec un récipient destiné à recevoir l'échantillon. Lorsque le jus arrive dans le bac mesureur, il entre en même temps dans le tube de l'échantillonneur. Quand le bac est plein, le flotteur ouvre le robinet sur le récipient, qui reçoit tout le

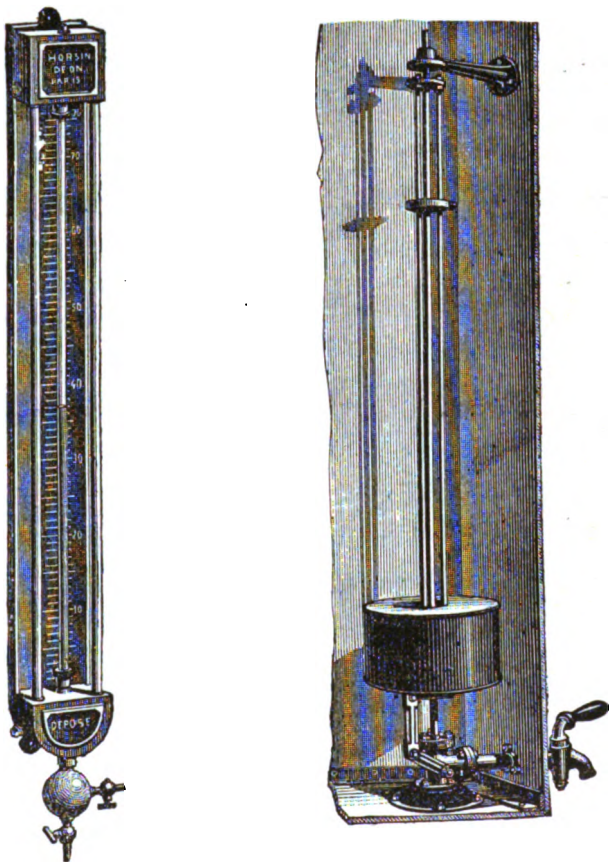


Fig. 309 et 310. — Echantillonneur automatique Horsin-Déon.

jus contenu dans le tube. Le mouvement étant automatique assure la prise régulière de l'échantillon. On peut aussi par une disposition spéciale ajouter avec chaque échantillon une quantité donnée de sous-acétate de plomb pour la conservation du jus.

Digitized by Google

Mouvement pour échantillonneur automatique de jus de diffusion, de J. Bride (fig. 311). — Le volant H de la soupape d'arrivée de jus sur le bac à jus est relié par la bielle D et la manivelle G à la clé d'un robinet à trois eaux, de telle sorte que si l'on ouvre la soupape H, la bielle D et la manivelle G sont ramenées vers la gauche, le robinet à trois eaux donne communication entre le bac à jus et un petit tube de laiton, de 10 à 12 mm. de diamètre, placé le long du bac verticalement ; et ce tube étant ouvert à son extrémité supérieure, le niveau s'établit dans le tube et dans le bac. Le bac étant rempli de la quantité de jus déterminée, on ferme la soupape H, et alors la bielle D et la manivelle G sont poussées vers la droite, et le robinet à trois eaux interrompt la communication entre le tube échan-

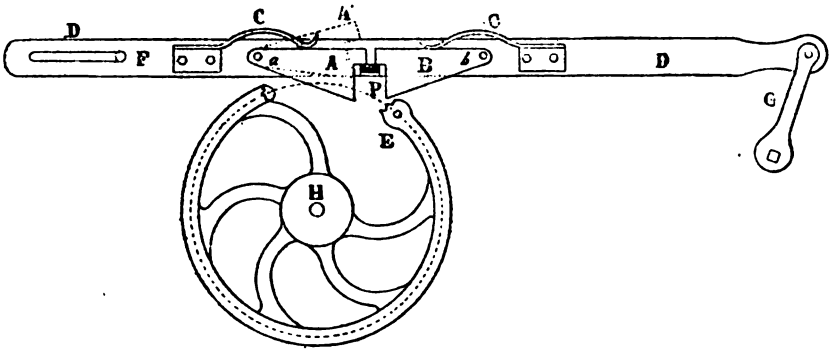


Fig. 311. — Echantillonneur Bride,

tillonneur et le bac et l'établit entre le tube et une bouteille de 10 l. environ, située à un niveau inférieur ; dès lors, la quantité de jus contenue dans le tube passe dans la bouteille où il se conserve grâce à une certaine quantité de sous-acétate de plomb qui y a été précédemment introduite.

Donc, chaque fois que l'ouvrier ouvrira la soupape maîtresse de jus H pour tirer au bac, un échantillon du jus tiré sera prélevé automatiquement dans le tube échantillonneur, et chaque fois que l'on fermera la soupape maîtresse après avoir tiré la quantité de jus déterminée par diffuseur, l'échantillon contenu dans le tube passera dans la bouteille.

L'échantillonnage est donc automatique puisqu'il est indépendant de la volonté de l'ouvrier.

De plus, en faisant communiquer le tube échantillonneur avec le fond du bac et en faisant arriver le jus dans le bac par la partie infé-

Digitized by Google

rieure, l'échantillon est prélevé au fur et à mesure de son arrivée dans le bac et donne bien la composition réelle du jus, ce qui ne serait pas si on prélevait l'échantillon seulement après l'emplissage du bac, soit à sa partie supérieure, soit à sa partie inférieure.

Voici maintenant les détails de construction de cet appareil. Le volant de la soupape H porte sur sa jante et perpendiculairement à son plan un goujon E ; ce goujon se trouve dans le prolongement de la manette qui sert à manœuvrer la soupape et vient buter sur les mentonnets A ou B, suivant qu'on manœuvre la soupape à droite ou à gauche.

Les mentonnets A et B sont deux pièces plates en acier qui oscillent autour de leur axe *a* et *b* sur la bielle D ; ils sont pressés constamment par les ressorts C pour buter par leurs talons sur un tenon P fixé sur la bielle D.

On comprend que lorsqu'on fait tourner le volant H de gauche a droite, le mentonnet A cède à chaque tour de volant sous la pression du goujon E pour prendre la position A' ; le mentonnet B au contraire est poussé dès le premier tour vers la droite et entraîne avec lui la bielle. Le contraire a lieu quand on manœuvre la soupape en sens inverse ; le taquet A, et avec lui la bielle, est alors ramenée vers la gauche.

Le volant de la soupape H peut faire autant de tours qu'il est nécessaire pour son ouverture ou sa fermeture ; le premier tour seul est nécessaire pour faire fonctionner la bielle D, et on peut même disposer le goujon E sur la jante de telle façon qu'il faille même moins d'un tour pour obtenir l'échantillonnage qui se trouve ainsi assuré, quoi qu'il arrive.

La prise d'échantillon du jus de diffusion est très importante, car on peut baser sur les analyses de ce jus la quantité de sucre entré en fabrication. Rappelons ici que pour se conserver, le jus versé dans une bouteille à sous-acétate de plomb doit être agité aussitôt, sinon la partie non touchée par le plomb s'altère et on obtient parfois des différences de 2 à 3 0/0 de sucre sans savoir d'où cela vient.

Remarque. — Pour le dosage du sucre, qui se fait comme le dosage du sucre dans le jus de betteraves, on fera bien de ne pas mettre de tanin, mais 10 0/0 de sous-acétate de plomb en volume de jus. Et même pour le jus de betteraves, il n'est pas nécessaire d'ajouter du tannin, si ce n'est pour les betteraves non mûres.

Digitized by Google

Les coefficients de pureté, salin, organique, etc., seront calculés comme il a déjà été dit.

ANALYSES DES COSSETTES ÉPUISÉES

L'analyse des cossettes épuisées se ramène en réalité au type général d'analyse de la betterave, la cossette épuisée étant de la betterave à faible teneur en sucre.

Nous présenterons donc deux méthodes, l'analyse indirecte et l'analyse directe.

1° *Analyse indirecte des cossettes épuisées. Prise d'échantillon.* — On prélève au hasard, et aussi souvent que le temps dont on dispose le permet, un échantillon à la tombée d'un diffuseur ; il est alors bon d'en prendre dans la partie qui était en bas de ce diffuseur, dans celle qui était au milieu et dans celle qui était en haut. On peut encore prendre de la cossette à la chaîne qui l'élève aux presses lorsqu'on ne se sert pas d'eau pour l'entraîner.

Une autre manière d'opérer est la suivante : On prélève de la cossette à chaque diffuseur et on la met dans un seau fermé. Le moment venu de faire l'analyse, on prend le seau et on le remplace par un vide. La durée de conservation de l'échantillon ne doit pas excéder 2 à 3 heures ; il faut avoir soin de nettoyer chaque jour à excès de chaux les vases dans lesquels on conserve les pulpes ou bien de les ébouillanter.

L'échantillon prélevé est passé au hache-viande « Skara » ou analogue ; on a soin de jeter les premières parties broyées afin d'éviter leur mélange avec le restant d'une analyse précédente. La hache-viande ne doit servir que pour les cossettes épuisées. Il sera disposé comme celui des cossettes fraîches.

On pressera dans une toile ou un petit sac la cossette broyée, à l'aide d'une presse Lefèvre ou autre à vis, cette presse ne servant également que pour ce seul service,

On jette le premier jus recueilli qui sert à rincer le récipient destiné à recevoir le jus et les rigoles de la presse.

On remplit de ce jus un ballon jaugé de 100 cm³-110 cm³ jusqu'au trait 100 ; (il faut affleurer avec grand soin ; c'est le bas du ménisque qui doit être tangent au trait de jauge) si l'on a de la mousse il est facile de la faire tomber avec quelques gouttes d'éther que l'on fait ensuite évaporer en soufflant légèrement dans le ballon.

Digitized by Google

On ajoute ensuite environ 4 à 5 cm³ de sous-acétate de plomb et on affleure à 110 cm³.

On filtre toujours sur entonnoirs et verres secs. On jette le premier liquide en s'en servant pour rincer le verre, on ajoute une goutte d'acide acétique ; on observe au polarimètre dans un tube d'au moins 400 mm. de long de 500 mm. de préférence.

Les tubes de 200 mm. ne devraient pas être employés dans ce cas, l'erreur relative possible d'appréciation de lecture étant trop forte par rapport à la faible valeur de la déviation.

Le degré de rotation observé sera augmenté de son propre dixième et multiplié par le centième du poids normal du saccharimètre dont on dispose (0,1629 en France). Ce dernier résultat sera divisé par deux si l'on a observé au tube de 400 mm. ; et divisé par deux et demi (2,5) si l'on a observé au tube de 500 mm. ; ou encore, pour éviter la division par 2,5, le résultat obtenu sera multiplié par 4 et divisé par 10. On peut dresser des tableaux à cet effet.

Remarque. — Le résultat trouvé est le sucre en volume du jus de la cossette ; en réalité, il devrait s'exprimer pour °/₀ gr. de cossettes. Mais la densité de la cossette épuisée étant sensiblement égale à celle de l'eau, soit 1000, le sucre-volume du jus et le sucre-poids de jus sont exprimés par la même valeur.

Ensuite, si l'on admet 95 °/₀ de jus environ dans 100 gr. de cossettes épuisées, comme pour la betterave, le résultat du calcul qui consisterait à multiplier le sucre en poids de jus par 0,95 pour obtenir le sucre en poids de cossettes épuisées serait si voisin du 1er de ces chiffres, que l'on ne tient pas compte de cette correction. Avec la graduation Vivien, si le tube est de 400 mm., il faut ajouter 1/10e du chiffre lu, et diviser par 2 et par 10.

Si le tube est de 500 mm., diviser par 2,5 et ensuite par 10 ou multiplier par 4 et diviser par 100.

Le tableau de la page 154 donne les exemples des calculs à faire.

Avec certaines cossettes la défécation se fait mal si l'on n'emploie que du sous-acstate de plomb ; on opère alors avec 2 cm³ environ de tannin, 4 à 5 cm³ de sous-acétate de plomb, une pincée de silice et 2 à 3 cm³ de sulfate de soude. Les quantités à employer varient un peu selon la nature des cossettes et le temps qui s'est écoulé entre leur sortie du diffuseur et le moment de l'analyse. La filtration est

Digitized by Google

meilleure si l'on ne filtre que quelques minutes après la défécation et l'agitation.

Graduation Vivien

	Tube de 20 cm.	Tube de 30 cm.	Tube de 40 cm.	Tube de 50 cm.
Résultat lu . .	3,20 3,20+0,32=2,52	3,20 3,20+0,32=3,52 3,52+2/3=2,34	3,20 3,20+0,32=3,52 $\frac{3,52}{2}$ = 1.76	3,20 3,20+0,32=3,52 3,52 × 0.4=1,41
Sucre °/₀ cm³ de jus de cossette	0,352	0,234	0,176	0,141

Analyse directe de la cossette épuisée par digestion aqueuse à froid. — Sur l'échantillon moyen sortant du hache-cossette, on prélève, après avoir bien mélangé la pulpe, de quoi remplir un cylindre de presse sans pareille, grand modèle, si possible.

On ne doit pas faire servir cette presse à autre chose qu'à ce service.

La pulpe fine une fois sortie de la presse et bien mélangée, on en pèsera 2 fois le poids normal réduit et on le fera passer dans une fiole de Pellet jaugée à 200 cm³, par l'intermédiaire du petit entonnoir spécial de la fig. 61, en employant toutes les précautions et les procédés indiqués déjà pour l'analyse de la cossette fraîche à froid. On pourra disposer sur un rayon élevé un flacon ou un réservoir d'eau de 10 à 20 litres possédant une tubulure inférieure, sur laquelle on montera un tuyau de caoutchouc pendant vers le bas et muni à son extrémité d'une pointe de tube de verre effilé, comme il en existe au bas d'une burette de Mohr. Une pince de Mohr complètera le tout. On aura ainsi de l'eau à sa disposition et, en réglant la longueur du tube de caoutchouc, on réalisera un dispositif fort commode pour faire passer rapidement et sûrement la pulpe fine dans le ballon de Pellet.

Cela fait, on ajoutera de 4 à 6 cm³ de sous-acétate de plomb, on jaugera à 200 cm³, on agitera soigneusement par retournement et on filtrera ; on ajoutera quelques gouttes d'acide acétique.

La déviation observée au tube de 400 mm. divisée par 2, donnera le sucre °/₀ gr. de cossettes.

La déviation observée au tube de 500 mm. sera divisée par 2,5 ou multipliée par 4 et divisée par 10.

Digitized by Google

Cette dernière manière de doser le sucre des cossettes épuisées tend de plus en plus à remplacer la méthode indirecte. Elle est plus exacte en ce sens qu'elle donne mieux la valeur de la perte à la diffusion ; en général, pour une même cossette, le chiffre de l'analyse indirecte est toujours un peu plus faible que celui de l'analyse directe : soit 0,26 par exemple en analyse indirecte pour 0,30 en analyse directe. Et plus il y a de sucre dans la cossette, plus l'écart entre les deux résultats va en augmentant.

En pratique courante, cependant, l'appréciation du dixième de degré au polarimètre est une limite inférieure rarement dépassée ; on ne peut donc pas se servir du tube de 200 mm. car on aurait 0,10 là où peut-être il y a 0 ; puis l'échelle sera 0,20 — 0,30 — 0,40 par 1/10e de degrés.

Or, une perte de 0,10 est fort acceptable, étant des plus réduites. Une perte de 0,20 est ordinaire, une perte de 0,30 est forte, une de 0,40 est très forte.

L'emploi du tube de 400 mm. donnera l'échelle suivante par 1/10e de degrés : 0,05 — 0,10 — 0,15 — 0,20 — 0,25 — 0,30 — 0,35, etc., 'erreur relative de 1/10e qui est presque inévitable, devient moins sensible.

L'emploi du tube de 500 mm. donnera enfin cette autre échelle : 0,04 — 0,08 — 0,012 — 0.016 — 0,020 — 0,024 — 0,028, etc., dans laquelle l'erreur de 1/10e est encore moins sensible. Le tube de 500 est celui qu'il faut employer.

Dans l'analyse indirecte, les appréciations, une fois les calculs faits, procèdent par 1/100e ; mais elles n'ont qu'unev aleur relative.

Enfin rien n'empêche d'appliquer aux cossettes épuisées la digestion aqueuse à chaud ; en pratique cependant, ce procédé est trop long pour le chimiste appelé à diriger la batterie de diffusion.

Il en est de même de la méthode de dosage par inversion cuivrique, analogue à celle énoncée pour la cossette fraîche. Ces méthodes sont peu employées, et nous les passerons sous silence.

Cossettes épuisées. Dosage de l'eau. — On desséchera 5 gr. ou plus de cossette à l'étuve chauffée à 110° ; cette cossette sera pour cela placée dans une capsule de platine. On arrête l'opération quand deux pesées consécutives accuseront la même perte de poids.

Les matières sèches. — Se déterminent par calcul en retranchant de 100 le °/₀ d'eau.

Digitized by Google

Pulpe.— On nomme pulpe la cossette épuisée sortant du diffuseur ; mais on donne plus communément ce nom à la pulpe pressée par les presses Bergreen ou Klusemann.

Dosage de l'eau. — Ce dosage est ici très important au point de vue de la valeur marchande de la pulpe comme nourriture du bétail. Le dosage se fait comme pour une cossette épuisée, non pressée.

Analyse des eaux des presses à cossettes. — Cette analyse se fait exactement comme celle du jus des cossettes épuisées dans l'analyse indirecte, la presse étant ici la presse Bergreen. Elle peut servir à contrôler cette dernière analyse.

PETIT JUS DE DIFFUSION

Le sucre perdu à la diffusion se trouve non seulement dans les cossettes, mais encore dans les petits jus de diffusion ou ceux de vidange des diffuseurs, appelés encore petites-eaux.

Prise d'échantillon. — La prise d'échantillon peut se faire à la tombée du diffuseur ou plus commodément à la sortie de jus des pompes spéciales, les échantillons obtenus par ces deux procédés sont sensiblement les mêmes.

Dosage du sucre. — Pour doser le sucre dans les petits jus, mettre dans environ 100 cm³ de jus 3 à 4 gouttes de sous-acétate, agiter, filtrer, polariser autant que possible dans un tube de 40 ou de 50 (voir le tableau 4, colonne des 100 cm³). Le calcul est le même que pour un jus de cossettes épuisées, sauf qu'il n'y a pas de dixième à ajouter ; vu le peu de sucre et le peu de plomb nécessaire à la défécation, il est absolument inutile de faire 100-110 ; les 3 à 4 gouttes de sous-acétate employé sont négligeables (¹).

Il faudra rapporter la perte en sucre dans les petits jus de diffusion à 100 kg. de betteraves ; pour cela, on devra déterminer, pour l'usine où l'on travaille, la quantité de ce petit jus °/₀ kg. de betteraves ; elle approche généralement de 20 °/₀.

Nous allons du reste calculer ces pertes dans le chapitre suivant.

(¹) Si cependant par suite du mélange des petites-eaux dans la fosse de la batterie de diffusion avec d'autres liquides, les petits jus ne pouvaient être clarifiés avec 3 ou 4 gouttes de sous-acétate, il suffirait de procéder par 100-110 cm³ en ajoutant alors 3 à 4 cm³ de sous-acétate de plomb, complétant à 110 cm³ avec de l'eau ; agiter, filtrer, polariser ; ajouter au chiffre lu son propre dixième et multiplier par le poids normal divisé par 100.

Digitized by Google

CHAPITRE VII

—

CALCUL DES PERTES A LA DIFFUSION

Etant donnée une betterave moyenne, on peut se demander quelle quantité de jus il faudra soutirer pour avoir un jus de diffusion donné.

Soit D le degré densimétrique moyen du jus des betteraves ;

Soit d le degré densimétrique moyen du jus de diffusion à extraire.

Comme on sait qu'il y a 95 kg. de jus naturel dans 100 kg. de betteraves, le volume v de ces 95 kg. sera :

$$v = \frac{95 \times 100}{(100 + D)}.$$

Et la quantité d'eau nécessaire au travail de la diffusion sera donnée par la formule générale :

$$E = \frac{v[(100 + D) - (100 + d)]}{(100 + d) - 1000}$$

dans laquelle

v est le volume du jus naturel de la betterave à la densité $(100 + D)$.

$(100 + d)$ le poids du litre du jus de diffusion, ou sa densité.

1 ou 1000 le poids du litre d'eau.

E la quantité d'eau qu'il convient d'ajouter pour faire passer le volume v de la densité $(100 + D)$ au volume V à la densité $(100 + d)$.

En conséquence théoriquement, nous aurons la possibilité d'extraire un volume de jus de diffusion pour 100 kg. de betteraves mises en œuvre égal à :

$$V = \frac{95 \times 100}{(100 + D)} + \frac{v[(100 + D) - (100 + d)]}{100 + d - 1000} \quad \text{ou} \quad V = v + E.$$

Digitized by Google

Si nous chargeons n kg. de betteraves par hectolitre de capacité utile, et que le diffuseur soit de 20 hectolitres pour fixer les idées, nous aurons chargé par diffuseur :

$$n \times 20 = N.$$

N étant le nombre de kg. de betteraves chargé par diffuseur ; par suite, nous devrons soutirer sur chaque diffuseur :

$$\frac{N \times V}{100} = H$$

ce qui représente le nombre d'hectolitres à soutirer au bac jaugeur par diffuseur, soit la détermination précise du soutirage théorique.

Le jus existant naturellement dans cette même betterave, qui est enlevé par le jus de diffusion, mais cette fois pour 100 litres de ce jus extrait, est, si la densité de ce jus extrait reste $(100 + d)$ dans le rapport des degrés densimétriques.

Soit : $$V' = \frac{100 \times d}{D}$$

et la quantité de ce même jus naturel extrait encore par le jus de diffusion, mais cette fois rapportée à 100 kg. de betteraves mises en travail à la diffusion est :

$$\frac{V' \times V}{100} \quad \text{ou} \quad \frac{V \times d}{D} = v' = v.$$

Il est évident que plus la diffusion est parfaite, plus v et v' tendent à s'égaler.

Si on pouvait épuiser complètement la cossette, v', le volume cédé en jus par la betterave au jus de diffusion, deviendrait égal au volume v de ce même jus naturel qui est dans la betterave ; donc à la limite de

$$v = v'$$

l'épuisement absolu théorique existe.

Pratiquement donc, la différence $v-v'$ mesure la perte exprimée en volume de jus tel qu'il est dans la betterave. Cette perte peut s'exprimer en sucre en appliquant à la différence $v-v'$ le titrage en sucre du jus de la betterave considérée. C'est la perte totale à la diffusion (abstraction faite des fermentations) ; on l'exprime pour le contrôle encore d'autre façon.

Digitized by Google

Le laboratoire analyse les cossettes épuisées et les petites eaux ; connaissant ces titrages, il suffirait de connaître le volume ou le poids des cossettes épuisées et des petits jus dans une journée pour calculer facilement la perte totale connue.

Or, la proportion des cossettes épuisées, telles qu'elles sortent du diffuseur, est fonction de la densité de la betterave, et 100 kg. de betteraves donnent 93 kg. de cossettes épuisées non pressées aux presses Bergreen pour une densité de jus de betteraves de 7.

En effet, on sait que 100 kg. de betteraves contiennent 95 kg. de jus ; ce jus naturel sera remplacé à la diffusion par un égal volume d'eau.

Le volume de 95 kg. de jus naturel est, nous l'avons déjà dit

$$V = \frac{95 \times 100}{100 + d};$$

si nous prenons $d = 7$, nous aurons $100 + d = 1070$; et

$$V = \frac{95 \times 100}{1070} = 88 \text{ litres.}$$

Donc on a substitué à 95 kg. de jus naturel de la betterave un volume de 88 l. d'eau ou 88 kg., la densité de l'eau étant 1 par définition.

Or :

$$95 \text{ kg.} - 88 \text{ kg.} = 7 \text{ kg.}$$

et par suite le poids des cossettes épuisées sera

$$100 - 7 = 93.$$

Mais au moment de la vidange, il y a dans un diffuseur des cossettes et des petits jus. Or, il est physiquement admis que les cossettes épuisées et l'eau qui les baigne ont la même densité, et cette densité est égale à 1, à très peu près.

Les volumes sont donc égaux aux poids, et on a :

Volume du diffuseur — volume des cossettes épuisées = volume du petit jus.

Mais le volume des cossettes, comme nous l'avons établi plus haut, est 0,93 de P.

P étant le poids des betteraves chargées par le diffuseur ; d'où la formule :

$$\text{Volume du petit jus} = n\,(V - 0{,}93\ P)$$

Digitized by Google

dans laquelle :

P = le poids de betteraves chargées par diffuseur ;

V = le volume utile du diffuseur ;

n = le nombre total de diffuseurs emplis dans le temps considéré.

Ceci posé, le calcul des pertes est facile :

Soit 220.000 kg. par 24 heures, avec 210 diffuseurs chargés dans le même temps.

Le volume des diffuseurs étant de 19 hectolitres, l'épuisement des cossettes à 0,35, celui des petits jus à 0,12.

On a :

220.000 kg. × 0,93 = 204.600 kg. de cossettes épuisées à 0,35 % de sucre,

cela fait $\frac{204.600 \times 0,35}{100} = 716$ kg. de sucre.

Pour le petit jus on a :

210 diffuseurs à 19 hect., soit 399.000 litres de volume total, moins le volume des cossettes épuisées.

399.000 — 204.600 = 194.400 litres de petits jus à 0,12 % de sucre,

$\frac{194.400 \times 0.12}{100} = 233$ kg. de sucre ;

d'où total des pertes reconnues 716 + 233 = 949 kg.

Si l'on se sert de l'air comprimé pour soutirer les jus, le volume des petits jus diminuera, on l'estimera et on fera la correction nécessaire ; ordinairement il faut compter de 0,50 à 0,60 du volume total des petits jus par la marche à l'eau.

Connaissant d'une part le sucre entré en fabrication par la betterave, d'autre part le sucre entré par le jus de diffusion ; connaissant, en outre, les pertes reconnues, tant dans la cossette épuisée que dans les petites eaux, on pourra facilement établir le bilan de la batterie de diffusion.

Exemple. — Soit par 24 heures 210 diffuseurs ; soit 12 hl. par diffuseur le soutirage moyen ; on a un volume de jus de

210 × 12 = 2.520 hectolitres [1]

pour 220.000 kg. de betteraves cela fait par 100 kg. de betteraves

$\frac{2.520 \times 100}{2.200} = 115$ l. 45.

[1] Nous supposons ce volume ramené à 15°.

Digitized by Google

Soit 11,80 le sucre en volume du jus de diffusion, ce même sucre extrait rapporté à 100 kg. de betteraves sera :

$$\frac{115,45 \times 11,80}{100} = 13,62.$$

Soit 0,35 le sucre 0/0 kg. de cossettes épuisées. Ce chiffre rapporté à 100 kg. de betteraves sera, d'après ce que nous avons exposé

$$0,35 \times 0,93 = 0,32.$$

Le volume du petit jus pour 100 kg. de betterave sera obtenu en évaluant d'abord le volume du petit jus dans le diffuseur. Or, on a chargé par diffuseur en betteraves

$$\frac{220.000 \text{ kg.}}{210} = 1.047 \text{ kg. } 6$$

qui ont donné :

$$1\ (1900 \text{ lit.} - 1047,6 \times 0,93) = 926 \text{ l. de petit jus,}$$

ceci pour 1.047 kg. 6 de betteraves, ce qui fait pour 100 kg. de betteraves

$$\text{Volume du petit jus} = \frac{926 \times 100}{1047,3} = 88 \text{ lit. } 3,$$

et 88 l.3 à 0,12 0/0 de sucre font

$$0,12 \times 0,883 = 0,1059,$$

soit 0,11 de sucre perdu dans les petits jus.

Admettons pour finir que la moyenne de l'analyse des cossettes fraîches soit de 14,30 ; on aura :

Sucre entré en fabrication	14,30	
Sucre dans le jus de diffusion	13,62	
Différence brute	0,68	ou perte totale
Perte reconnue dans la cossette épuisée.	0,32	
Perte reconnue dans les petites eaux.	0,11	
Perte reconnue totale	0,43	

La perte inconnue est la différence entre la perte totale et la perte reconnue.

Perte inconnue $0,68 - 0,43 = 0,17.$

Pratiquement on calcule en adoptant un coefficient pour la perte des cossettes épuisées, suivant la densité moyenne des betteraves mises en œuvre, soit :

Digitized by Google

0,93 pour les betteraves à 7° et 0,92 pour les betteraves à 8°, etc., et on multipliera le sucre des cossettes épuisées par ce coefficient.

Pour les petites eaux, on retranchera 1 dixième du chiffre en sucre trouvé à l'analyse.

0,12 deviendra 0,11, 0,13 deviendra 0,12, etc.

Quant à la perte inconnue, elle peut provenir d'une série de causes dans lesquelles nous ne pouvons entrer ici, le cadre de cet ouvrage étant, nous l'avons déjà exprimé, forcément restreint.

Nous ne pouvons que renvoyer le lecteur à ce sujet aux revues et aux ouvrages spéciaux publiés sur l'industrie sucrière.

Digitized by Google

CHAPITRE VIII

—

JUS VERTS DES RAPERIES
JUS CHAULÉS AVANT CARBONATATION
LAIT DE CHAUX
JUS DE PREMIÈRE CARBONATATION
JUS DE DEUXIÈME CARBONATATION
JUS SULFITÉS — SIROPS

DE LA LIQUEUR ACIDE SULFURIQUE A 35 GR. PAR LITRE

Cette liqueur, ainsi du reste que celle plus faible au 1/10, soit à 3 gr. 5 d'acide sulfurique par litre, va désormais nous être nécessaire pour le dosage de toutes les alcalinités tant au laboratoire qu'à l'usine. Dans nombre d'usines on donne aux ouvriers préposés aux postes où il est nécessaire de surveiller les alcalinités, un petit matériel suffisant pour qu'ils puissent eux-mêmes effectuer les dosages.

Aussi, la liqueur acide devant être fabriquée par assez grandes quantités à la fois, est-il bon de commencer par faire un certain nombre de litres de liqueur acide contenant 175 gr. d'acide sulfurique monohydraté SO^4H^2 par litre comme réserve. De cette liqueur on prélèvera alors 200 cm^3 que l'on placera dans un ballon de 1000 cm^3, puis ajoutant 800 cm^3 d'eau, on aura ainsi la liqueur à 35 gr. par litre, soit 2 fois 17 gr. 5 d'acide sulfurique = 35 gr.

Pour préparer la liqueur à 175 gr., on se servira de la table de J. Kolb, donnant les densités des solutions d'acide sulfurique à 15°C.

On remarquera que d'après cette table, la densité d'une solution à 175 gr. d'acide est sensiblement 1.110, soit 25,79 Brix poids et 28,627 Brix volume environ.

Ceci étant, dans un petit bécherglass taré on pèsera environ 180 gr. d'acide sulfurique purifié à 66°B., et on fera passer cet acide au

Digitized by Google

TABLE XI. — *Densité des solutions aqueuses d'acide sulfurique à 15° C.*

d'après J. Kolb

Degré Baumé	Densités	1 kil. contient en poids				1 litre contient en poids			
		SO^3 %	SO^3HO %	Acide à 60° C.	Acide à 53° B.	SO^3 %	SO^3HO %	Acide à 60° B.	Acide à 53° B.
0	1.000	0,1	0,9	1,2	1,3	0,007	0,009	0,012	0,013
1	1.007	0,5	1,9	2,4	2,8	0,015	0,019	0,024	0,028
2	1.014	2,3	2,8	3,6	4,2	0,023	0,028	0,036	0,042
3	1.022	3,1	3,8	4,9	5,7	0,032	0,039	0,050	0,058
4	1.029	3,9	4,8	6,1	7,2	0,040	0,049	0,063	0,074
5	1.037	4,7	5,8	7,4	8,7	0,049	0,060	0,077	0,090
6	1.045	5,6	6,8	8,7	10,2	0,059	0,071	0,091	0,107
7	1.052	6,4	7,8	10,0	11,7	0,067	0,082	0,105	0,123
8	1.060	7,2	8,8	11,3	13,1	0,076	0,093	0,120	0,139
9	1.067	8,0	9,8	12,6	14,6	0,085	0,105	0,134	0,156
10	1.075	8,8	10,8	13,8	16,1	0,095	0,116	0,148	0,173
11	1.083	9,7	11,9	15,2	17,8	0,105	0,129	0,165	0,193
12	1.091	10,6	13,0	16,7	19,4	0,116	0,142	0,182	0,211
13	1.100	11,5	14,1	18,1	21,0	0,126	0,155	0,199	0,231
14	1.108	12,4	15,2	19,5	22,7	0,137	0,168	0,216	0,251
15	1.116	13,2	16,2	20,7	24,2	0,147	0,181	0,231	0,270
16	1.125	14,1	18,3	22,2	25,8	0,159	0,195	0,250	0,290
17	1.134	15,1	18,5	23,7	27,6	0,172	0,210	0,269	0,313
18	1.142	16,0	19,6	25,1	29,2	0,183	0,224	0,287	0,333
19	1.152	17,0	20,8	26,6	31,0	0,196	0,233	0,306	0,357
20	1.162	18,0	22,2	28,4	33,1	0,209	0,258	0,330	0,385
21	1.171	19,0	23,3	29,8	34,8	0,222	0,273	0,349	0,407
22	1.180	20,0	24,5	31,4	36,6	0,236	0,289	0,370	0,432
23	1.190	21,1	25,8	33,0	38,5	0,251	0,307	0,393	0,458
24	1.200	22,1	27,1	34,7	40,5	0,265	0,325	0,416	0,486
25	1.210	23,2	28,4	36,4	42,4	0,281	0,344	0,440	0,513
26	1.220	24,2	29,6	37,9	44,2	0,295	0,361	0,463	0,539

Digitized by Google

27	1.231	25,3	31,0	39,7	46,3	0,311	0,382	0,489	0,570
28	1.241	26,3	32.2	41,2	48,1	0,326	0,400	0,511	0,597
29	1.252	27.3	33,4	42,8	49,9	0,342	0,418	0,536	0,625
30	1.263	28.3	34,7	44,4	51,8	0.357	0.438	0,561	0,654
31	1.274	29,4	36.0	46,1	53,7	0,374	0,459	0,587	0,684
32	1.285	30,5	37,4	47,9	55,8	0,392	0,481	0,616	0,717
33	1 297	31,7	38,8	49,7	57,9	0,411	0,503	0.645	0,755
34	1.308	32,8	40,2	51,1	60,0	0.429	0,526	0,674	0,781
35	1.320	33,8	41,6	53,3	62,1	0,447	0,549	0,704	0,820
36	1.332	35,1	43,0	55,1	64,2	0,468	0,573	0,734	0,856
37	1.345	36.2	44.4	56,9	66,3	0,487	0,597	0,765	0,892
38	1.357	37.2	45,5	58,3	67,9	0.505	0,617	0,791	0,921
39	1 370	38,3	46,9	60,0	70.0	0,525	0,642	0,822	0,959
40	1.383	39.5	48,3	61,9	72,1	0,546	0,668	0.856	0,997
41	1 397	40,7	49,8	63,8	74,3	0,569	0,696	0,891	1,038
42	1.410	41,8	51,2	65,6	76,4	0,589	0,722	0,925	1,077
43	1.424	42,9	52,8	67,4	78,5	0,611	0,749	0,960	1,108
44	1.438	44,1	54,0	69,1	80,6	0,634	0,777	0,994	1.159
45	1.458	45,2	55,4	70,9	82,7	0,657	0,805	1,030	1.202
46	1.468	46,4	56,9	72,9	84,9	0,681	0,835	1,070	1,246
47	1.483	47,6	58,3	74,7	87,0	0,706	0,864	1,108	1,290
48	1.498	48,7	59,6	76,3	89,0	0,730	0,893	1,143	1,330
49	1 514	49,8	61,0	78,1	91,0	0,754	0,923	1,182	1,378
50	1.530	51,0	62,5	80,0	93,3	0,780	0,956	1,224	1.427
51	1.540	52,2	64,0	82,0	95,5	0,807	0,990	1,268	1,477
52	1.563	53,5	65,5	83,9	97,8	0,836	1.024	1,311	1,529
53	1.580	54,9	67,0	85 8	100,0	0.867	1,059	1,355	1,58[illegible]
54	1 597	56,0	68,6	87,8	102,4	0,894	1,095	1,402	1.636
55	1.615	57,1	70,0	89,6	154,5	0,922	1,131	1,447	1,688
56	1 634	58,4	71,6	91,7	106,9	0,954	1,170	1,499	1,747
57	1.652	59,7	73,2	93,7	109,2	0,986	1,210	1,548	1,804
58	1 672	61,0	74.7	95,7	111,5	1,019	1,248	1,599	1,863
59	1.691	62.4	76,4	97,8	114,0	1,055	1,292	1,654	1,928
60	1.711	63,8	78,1	100,0	116,6	1,092	1,336	1,711	1 995
61	1.732	65,2	79,9	102,3	119,2	1,129	1,384	1,772	2,065
62	1.753	66,7	81,7	104,6	121,9	1,169	1.432	1,838	2,137
63	1.774	68,7	84,1	107,7	125,5	1,219	1,492	1,911	2,226
64	1.796	70,6	86,5	110,8	129,1	1,268	1,554	1,990	2,319
65	1.819	73,2	89,7	114,8	138,8	1,332	1.632	2,088	2,434
66	1.842	81,6	100,0	128,0	149,3	1,523	1,842	2,258	2,750

Digitized by Google

moyen d'un entonnoir à douille effilée dans un ballon de 1.000 cm³ rempli à l'avance des trois quarts de son volume d'eau. On préparera ainsi plusieurs ballons. On refroidira, on ajoutera de l'eau jusqu'au trait 1 000 cm³ et on mélangera tous les ballons préparés dans une bonbonne assez grande pour les contenir tous.

On mélangera à nouveau. Pour vérifier grosso modo cette liqueur on en prélèvera une éprouvette, et on en prendra la densité : si elle s'éloigne trop de 1.110, on ajoutera un peu d'eau ou un peu d'acide, jusqu'à s'en approcher.

Il n'est pas nécessaire de pousser plus loin l'exactitude pour cette liqueur préparatoire.

De cette liqueur à 175 gr. ou présumée telle, on prélèvera cette fois 200 cm³ que l'on complètera à 1 000 cm³ avec de l'eau à 15°. On agitera, on vérifiera alors cette liqueur nouvelle qui doit être à 35 gr. par litre.

1° *Vérification gravimétrique.* — On prendra 10 cm³ de la liqueur à 35 gr. par litre qu'on placera dans un bécherglass à large col et à bec, on ajoutera environ 150 cm³ d'eau distillée, et on mettra à chauffer au bain-marie.

Dans un autre bécherglass on aura préparé à l'avance 20 à 25 cm³ d'une solution de chlorure de baryum au 1/10ᵉ en poids à laquelle on ajoutera un peu d'eau, on placera le bécherglass dans le bain-marie, et quand la solution de baryum sera chaude on la versera doucement dans la solution d'acide sulfurique également chaude contenue dans l'autre bécherglass. On agitera avec précaution et sans produire de pertes.

On laissera alors le précipité de sulfate de baryte digérer au bain-marie jusqu'à parfaite précipitation ; il faut pour cela de une heure à une heure et demie environ.

On filtrera ensuite sur un filtre à analyse sans plis et de papier sans cendre (tel un Schleicher et Schüll et 125 mm. de diamètre) et on lavera comme il convient à l'eau bouillante, ainsi qu'il est de coutume de le faire dans toute analyse minérale.

Comme le précipité de sulfate de baryte est assez difficile à retenir, on usera du petit tour de main suivant qui réussit parfaitement.

On préparera à l'avance dans un flacon une bouillie légère de papier à filtrer sans cendres, obtenue en broyant un filtre avec un peu d'eau distillée dans un mortier de porcelaine ; on ajoutera quelques

Digitized by Google

gouttes d'acide azotique (une ou deux), puis de nouveau environ 200 cm³ d'eau et on conservera cette bouillie bien bouchée.

Avant de filtrer le sulfate de baryte dans le filtre placé à cet effet dans l'entonnoir à analyse, on versera 5 a 6 cm³ de la bouillie de papier à filtre : on ajoutera de l'eau de manière à remplir presque le filtre, et on laissera filtrer.

Les filaments de papier en suspension dans le liquide viendront feutrer la surface interne du filtre, qui ainsi colmaté par le papier, retiendra parfaitement le précipité — on rejettera la bouillie en excès, s'il y en a : il en faut du reste très peu. La filtration se fait aussi rapidement.

Dans la filtration du sulfate, on s'assurera qu'on a mis assez de chlorure de baryum pour obtenir tout le précipité, en ajoutant quelques gouttes de réactif à une petite quantité du filtrat mis dans un tube à essai. Enfin, on s'assurera de la fin du lavage en ajoutant une ou deux gouttes de solution de nitrate d'argent à un peu du filtrat mis dans un tube à essai : si le lavage est terminé, il ne doit pas se produire de louche.

Ensuite on desséchera et incinérera le précipité avec le filtre et on pèsera.

Soient : 5,700 la tare de la capsule de platine, et 4 gr. 875 les poids qu'il faut placer à côté de la capsule contenant le précipité incinéré pour rétablir l'équilibre.

On a :

$$5{,}700 - 4{,}875 = 0 \text{ gr. } 825 \text{ poids du précipité}$$

et :

$$0{,}825 \times 0{,}42 = 0{,}3465 \text{ d'acide sulfurique pour } 10 \text{ cm}^3 \text{ de liqueur}$$

ce qui fait 34 gr. 65 par litre.

Donc notre liqueur n'est pas exacte : il lui manque

$$35 - 34{,}65 = 0 \text{ gr. } 35 \text{ d'acide sulfurique par litre.}$$

Comme l'acide à 66° absorbe toujours un peu d'eau, et que d'ailleurs nous avons prélevé déjà sur le litre 10 cm³, on pèsera 0 gr. 40 d'acide (ou 0 gr. 45) à 66° qu'on fera passer dans le ballon, et on complètera le peu qui manque en lavant la capsule où l'on a pesé 0 gr. 40 de SO^4H^2 avec quelques centimètres cubes d'eau et les joignant au reste.

On agitera, on refera comme précédemment la précipitation par le chlorure de baryum.

Digitized by Google

Soit trouvé cette fois 4 gr. 866. On a :

$$5,700 - 4,866 = 0,834;$$

retranchons 1 mmg. pour le poids des cendres du filtre (qui n'est que de 0,2 dixièmes de mmg). On a alors :

$0,833 \times 0,42 = 0,34986$ d'acide sulfurique pour 10 cm³ de liqueur;

avec

$$0,834 \times 0,42 = 0,35028$$

on a l'acide sulfurique sans tenir compte du filtre. — La moyenne est donc bien de 0,35 pour 10 cm³, soit donc 35 gr. par litre. La liqueur est juste — on la gardera comme type.

2° *Procédé volumétrique.* — Il consiste à faire une liqueur de soude normale contenant 39 gr. 96, en chiffre rond 40 gr. de soude qui sert de liqueur alcalimétrique.

Pour cela on fait d'abord une liqueur normale à 63 gr. en chiffres ronds, d'acide oxalique. On opère de la manière suivante :

Prendre 300 gr. environ d'acide oxalique pur du commerce et y ajouter une quantité d'eau chaude, telle que 200 ou 225 gr. de l'acide dissolvent; filtrer sur un entonnoir à filtration chaude, si c'est possible; faire cristalliser par refroidissement rapide en agitant sans cesse pour éviter la formation de gros cristaux qui renfermeraient de l'eau-mère. Ajouter de l'alcool de manière à dissoudre, en chauffant, la presque totalité de l'acide oxalique ainsi préparé; après filtration, faire refroidir dans un courant d'eau froide, en agitant; faire cristalliser une dernière fois de l'eau et sécher avec du papier filtre jusqu'à ce que les cristaux n'adhèrent plus à l'agitateur.

Pour 62 gr. 85 d'acide oxalique obtenu, faire dissoudre dans 1 000 pour obtenir la liqueur normale d'acide oxalique qui sera conservée dans un flacon coloré.

On dissout 60 gr. de soude caustique pur dans 200 cm³ d'eau; on chauffe ensuite et on précipite, au moyen de l'eau de baryte, l'acide carbonique provenant d'une petite quantité de carbonate qui pourrait exister, on filtre, on ajoute exactement la quantité de carbonate de soude nécessaire à la précipitation de la baryte employée en excès, on filtre vivement et on dilue à 1 litre. On titre la liqueur ainsi obtenue au moyen de la liqueur de soude normale exacte, c'est-à-dire contenant 39 gr. 96, ou en chiffre rond, 40 gr. de soude par litre.

Digitized by Google

Un cm³ d'une liqueur contenant 35 gr. d'acide sulfurique par litre correspond à 0 cm³ 7156 de la liqueur normale de soude.

Au lieu de préparer les liqueurs à l'acide sulfurique, on peut les préparer à l'acide chlorhydrique ; on se sert alors de la table relative à cet acide.

Les titrages se feront avec le tournesol comme indicateur ; les liqueurs doivent se saturer volume à volume.

On peut également faire une liqueur de soude équivalente à la liqueur à 35 gr. par litre. Elle sera utile pour doser des acidités ou faire d'autre liqueur acide à 35 gr.

Nous ne pouvons nous étendre plus longuement sur la pratique de ces dosages que l'on trouvera tout au long dans les traités spéciaux.

Liqueur à 3 gr. 5 d'acide SO^4H^2 par litre. — On prépare cette liqueur en prenant 100 cm³ de liqueur à 35 gr. par litre et en les étendant à 1000 cm³ à 15° C. avec 900 cm³ d'eau distillée. On vérifiera. Elle servira pour toutes les alcalinités faibles, telles que jus carbonatés de 1re, de 2e, sulfitations, sirops, etc., etc. ; on en prépare une ou deux touries à la fois.

Enfin voici encore une autre manière d'obtenir la liqueur à 35 gr. SO^4H^2 par litre. On obtient ainsi une liqueur assez exacte : cependant il sera bon de la vérifier par le procédé gravimétrique.

Peser dans une capsule tarée un poids supérieur à 35 gr. d'acide, porter la capsule au moufle et l'y laisser jusqu'à dégagement d'abondantes fumées blanches.

Introduire rapidement sous le dessiccateur ; une fois la capsule froide, la placer sur le plateau de la balance et enlever promptement l'excès sur 35 gr. d'acide. Prendre alors un ballon d'un litre, le remplir à moitié d'eau distillée et faire passer au moyen d'un entonnoir l'acide contenu dans la capsule, bien rincer celle-ci ainsi que l'entonnoir, ajouter de l'eau presque jusqu'au trait 1000, agiter et affleurer quand par refroidissement on aura amené le mélange à 15°.

Pour une prise d'échantillon de 20 cm³ :

1° Chaque centimètre cube de liqueur à 35 gr. par litre équivaut à 1 gr. par litre de jus en *alcalinité calculée en chaux* ;

2° Chaque centimètre cube de liqueur à 3 gr. 5 par litre, équivaut à 0 gr. 100 par litre de jus, *en alcalinité calculée en chaux.*

Là est toute la base de la docimasie alcalimétrique en sucrerie. *Si l'on prend seulement 10 cm³ d'échantillon, il suffira de multiplier*

Digitized by Google

par 2 le résultat trouvé en centimètres cubes d'acide usés à la burette pour avoir l'alcalinité exprimée en chaux.

Ces liqueurs une fois bien préparées et leurs proportions et valeurs bien comprises, les analyses qui suivent sont simples et ne présentent aucune difficulté ; aussi nous allons les exposer avec brièveté.

JUS DES RAPPERIES

Ce jus reçoit, au départ de la râperie, une certaine quantité de chaux destinée à le conserver jusqu'à son arrivée à l'usine centrale. On l'appelle encore jus vert.

Détermination à effectuer
- **Densité et température, chaux comprise**
- Alcalinité
- Sucre
- **Densité à 15°, chaux déduite**

1° *Densité à 15°.* — Bien mélanger, placer le densimètre en le conduisant à la main jusqu'à ce qu'il s'équilibre, lire le degré. Prendre la température du jus, faire la même correction que pour un jus de betteraves ou de diffusion.

2° *Alcalinité ou chaux totale.* — Prélever 20 cm³ du jus bien mélangé, les placer dans une capsule de porcelaine, ajouter quelques gouttes de phénol-phtaléine ; faire tomber goutte à goutte la liqueur acide sulfurique à 35 gr. par litre, en agitant avec un agitateur en tournant jusqu'à disparition complète de la teinte rose.

Relever le nombre de cm³ et dixièmes de cm³ employés en liqueur acide.

Soit 7 cm³ 2 de liqueur acide qui indiquent 7 gr. 2 d'alcalinité par litre de jus. En effet d'après les poids atomiques, 35 gr. d'acide sulfurique correspondent à :

$$\frac{28 \times 35}{49} = 20 \text{ grammes de chaux};$$

donc, 1 cm³ d'une telle liqueur acide sature 0 gr. 02 de chaux. Or, 7 cm³ 2 saturent 7,2 × 0,02 = 0 gr. 144 de chaux. Mais ces 0 gr. 144 de chaux sont contenus dans 20 cm³ du liquide jus vert à analyser.

Par conséquent, dans 100 cm³ de ce jus vert il y a 5 fois plus de chaux, soit 0,720, et dans 1.000 cm³ ou un litre, il y aura 50 fois plus de chaux, soit 0 gr. 144 × 50 = 7 gr. 20.

Digitized by Google

Remarque. — On dose quelquefois la chaux dissoute, on détermine alors l'alcalinité sur du jus filtré en opérant pour le reste comme ci-dessus.

3° *Densité à 15°, chaux déduite.* — On admet pour 1 gr. de chaux par litre une augmentation de 1/10e de degré de densité.

Exemple : soit 5°4 la densité, pour 7 gr. d'alcalinité ; la densité, chaux déduite, sera :

$$5,4 - 0,7 = 4°,7.$$

Dosage du sucre. — Prendre avec une pipette 50 cm³ de l'échantillon de jus mélangé, les faire écouler dans un ballon de 100 cm³, ajouter environ 20 cm³ d'eau pure, quelques gouttes de phénol-phtaléine, et neutraliser par l'acide acétique pur jusqu'à disparition de la teinte rose, en agitant un peu le ballon ; éviter l'excès d'acide.

Ajouter de 4 à 6 cm³ de sous-acétate, jauger à 100 cm³ avec eau pure, agiter par retournement et filtrer. Polariser au tube de 200 mm.

Le résultat multiplié par 2 dans le cas de la graduation Vivien, et en outre par le centième du poids normal saccharimétrique pour une graduation ordinaire, donne le sucre °/₀ en volume.

JUS CHAULÉ AVANT CARBONATATION

Pour le jus chaulé de 1re carbonatation avant l'introduction du gaz acide carbonique, on déterminera l'alcalinité à la Phénol-Phtaléine.

Prendre avec une pipette 10 cm³ de jus bien mélangé, et opérer exactement comme pour une alcalinité de jus vert. Le résultat doit être multiplié par deux ; il s'exprime en grammes par litre comme pour le jus vert.

Exemple : Soit trouvé à la burette en liqueur acide à 35 gr. par litre : 12 cm³ 5. Le résultat à inscrire est : 12 cm³ 5 × 2 = 25 gr. 00 par litre.

Remarque. — On ne prend que 10 cm³ de l'échantillon : afin d'éviter de vider la burette en liqueur acide. Cependant, on peut aussi opérer comme pour le jus vert sur 20 cm³ de prise d'échantillon. Mais alors il faut avoir une burette d'au moins 25 cm³ de contenance.

Lait de chaux ajouté. — Nous allons nous placer dans le cas d'un jus chaulé à la râperie ; dans le cas d'une batterie de diffusion atte-

Digitized by Google

nante à l'usine et de jus non chaulé préalablement, le calcul sera le même en déterminnant l'alcalinité du jus de diffusion :

Soit : l'alcalinité du jus chaulé avant carbonatation = 25,00
— des râperies — = 4,00

la chaux contenue dans 1 hl. de lait = 18 kg.

L'alcalinité produite par le chaulage avant la carbonation est 25,00 — 4,00 = 21,00, c'est-à-dire qu'il a été ajouté 21 gr. de chaux par litre jus. 1 hectolitre de lait contenant 18 kg. de chaux, 1 gr. de chaux est contenu dans 5 cm³ de lait et 21 gr. dans 115 cm³ 5.

Il a donc été ajouté 115 cm³ 5 de lait dans 1 litre de jus primitif ou 11 l. 55 par hectolitre. (¹)

Ceci est calculé pour le jus chaulé avant 1re carbonatation ; on opérerait d'une manière analogue pour les jus chaulés avant 2e carbonatation en tenant compte de l'alcalinité du jus après 1re carbonatation.

Il est inutile de faire ces calculs tous les jours ; au bout de peu de

Division de liqueur employée lue sur l'éprouvette	Litres de lait de chaux à 20° Baumé ajoutés à l'hectolitre de jus brut initial	Division de liqueur employée lue sur l'éprouvette	Litres de lait de chaux à 20° Baumé ajoutés à l'hectolitre de jus brut initial
1	1 lit. 01	9	9 lit. 90
2	2 04	10	11 11
3	3 09	11	12 36
4	4 04	12	13 64
5	5 26	13	14 94
6	6 38	14	16 28
7	7 53	15	17 5
8	8 70		

(¹) D'une manière générale, et en observant les règles de mélange la formule à appliquer dans ce cas est :

$$\frac{100 \times (A - A')}{\text{grammes de chaux par litre du lait de chaux} - A} = \left\{ \begin{array}{l} \text{litres de lait de chaux ajouté} \\ \text{à 100 litres de jus chaulé des} \\ \text{Râperies.} \end{array} \right.$$

Dans laquelle A est l'alcalinité finale par litre de jus chaulé.
A' est l'alcalinité du jus de râperie déjà chaulé dont on a complété le chaulage pour le porter à A d'alcalinité.

S'il s'agit d'un jus non chaulé auquel on a ajouté une quantité de lait de chaux telle que l'alcalinité de ce jus soit devenue égale à A, la formule devient

$$\frac{100 \times (A - O)}{\text{gr. de chaux par litre du lait de chaux} - A}$$

ou

$$\frac{100 \times A}{\text{gr. de chaux par litre du lait de chaux} - A} = \left\{ \begin{array}{l} \text{litres de lait de chaux ajoutés à} \\ \text{100 litres de jus non chaulé.} \end{array} \right.$$

Digitized by Google

temps, l'indication de l'alcalinité suffit ; on sait pour l'usine où l'on travaille entre quels nombres elle doit osciller.

M. Vivien effectue l'analyse des jus chaulés et des jus des râperies au moyen de la liqueur lacto-calcimétrique en opérant comme pour le lait de chaux. Le nombre lu sur l'éprouvette indique en litres la quantité de lait de chaux à 20° B. contenu dans 1 hl. de jus chaulé et la table (p. 172) indique la quantité de litres de lait ajoutés à 1 hl. de jus pur initial.

JUS DE 1re CARBONATATION

On peut faire les analyses suivantes sur le jus de 1re carbonatation :

1° Prise de densité ; 2° Alcalinité ; 3° Sucre °/₀ ; 4° Cendres ; 5° Coefficient salin ; 6° Pureté ; 7° Chaux totale. On se contente généralement de l'alcalinité ; pour le reste, dans le cas où l'on voudrait s'en occuper, on opérera comme pour les jus de 3e carbonatation ou jus avant l'évaporation dont nous parlerons plus loin.

Dosage de l'alcalinité du jus de 1re après carbonatation. 1° *Par le Phénol-Phtaléine.* — On prélève 20 cm³ de jus filtré que l'on met dans une petite capsule de porcelaine à fond plat, de 80 mm. de diamètre, on ajoute quelques gouttes de Phénol-Phtaléine et on titre cette fois avec de la *liqueur à 3 gr. 5 par litre*, c'est-à-dire 10 fois plus faible que celle dont nous nous sommes servis jusqu'à présent.

Soit trouvé à la burette en liqueur acide : 10 cm³ 5 : on aura alors 1 gr. 05 d'alcalinité par litre ou 0 gr. 105 °/₀ cm³ de jus carbonaté essayé.

2° *Par le tournesol.* — On continue l'alcalinité en reprenant toutes choses en l'état, c'est-à-dire la burette vidée à 10 cm³ 5 et en faisant tomber à nouveau goutte à goutte la liqueur acide dans ce qui est demeuré dans la capsule de porcelaine. Seulement on prendra comme indicateur : ou quelques gouttes de teinture de tournesol que l'on ajoutera au liquide de la capsule, ou bien du papier sensible de tournesol en procédant par touches (voir à ce sujet la description de l'alcalinité au tournesol pour les masses cuites, égouts, mélasses, etc.).

Soit cette fois 12 cm³ 3 le chiffre lu sur la burette en liqueur acide : l'alcalinité au tournesol sera de 1 gr. 230 par litre de jus ou 0 gr. 123 pour °/₀ cm³ de jus.

Cette différence entre les 2 alcalinités ne tient évidemment pas à

Digitized by Google

ce fait que le jus possède en réalité 2 alcalinités différentes ; mais bien seulement à la nature des indicateurs employés.

Alors que le tournesol est sensible à toute alcalinité, le Phénol-Phtaléine cesse d'être influencé par certains bicarbonates et il est coloré par les sulfures alcalins [1] ; l'acide carbonique même qui décolore le Phénol-Phtaléine fait aussi virer la teinture de tournesol.

C'est pourquoi l'alcalinité au tournesol devrait, en réalité, être faite et achevée à l'ébullition, et même après 6 ou 10 minutes d'ébullition, afin de chasser entièrement l'acide carbonique dissous dans les liquides. Mais en pratique on se contente d'opérer comme il a été dit.

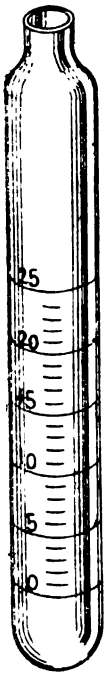


Fig. 312.

Du reste, il faut bien comprendre que cette alcalinité exprimée en chaux est purement conventionnelle et qu'elle peut être en partie due à de la potasse ou a de la soude provenant du jus de la betterave.

On peut encore faire l'alcalinité avec la liqueur spéciale calcimétrique normale de Vivien, qui est une liqueur sulfurique mêlée de phtaléine. On se sert du tube spécial (fig. 312) de Vivien, gradué de 0 à 25.

On verse du jus clair jusqu'au 0, puis de la liqueur calcimétrique ; le liquide prend une teinte rose ; on cesse de verser quand celle-ci disparaît. Si on arrive à la division 15, l'alcalinité pour 100 cm³ est 0,15.

On contrôle la liqueur calcimétrique normale avec de l'eau de chaux, c'est-à-dire en prenant de l'eau qui a séjourné assez longtemps au contact de la chaux pour être saturée. On filtre cette eau qui contient en dissolution 1 gr. 400 de chaux par litre. On remplit le tube jusqu'au trait 0 : si la liqueur est bonne la décoloration a lieu pour 14 divisions. M. Vivien construit aussi un tube spécial qui permet de faire l'alcalinité sur le jus trouble.

JUS DE 2e CARBONATATION. DOSAGE DE L'ALCALINITÉ

Le dosage de l'alcalinité du jus de 2e carbonatation chaulé avant l'introduction du gaz se fait exactement comme pour le dosage du jus de 1re chaulé avant l'introduction du gaz et dans les mêmes

[1] Les sels ammoniacaux nuisent à la précision du titrage en présence du Phénol-Phtaléine par le seul fait de leur présence.

Digitized by Google

conditions. Quant à l'alcalinité du jus de 2e carbonatation, elle se fera exactement comme celle du jus de 1re carbonaté, et si l'on veut, également par le phénol et par le tournesol. On emploiera la liqueur à 3 gr. 5 par litre et 20 cm³ de jus.

Dans certaines usines, on pratique une 3e carbonatation ou bien, on sulfite le jus de 2e carbonatation avant de l'envoyer au triple effet. Dans ce cas, on cherche l'alcalinité du jus avant la sulfitation : elle est ordinairement celle du jus de 2e carbonaté et filtré, car on n'y ajoute rien pour sulfiter ou carbonater.

Puis on fait l'alcalinité du jus sulfité, au phénol et au tournesol, de la même manière que l'on aurait fait l'alcalinité du jus de 2e carbonatation carbonaté et filtré. Pour plus de sensibilité, on dédouble parfois la liqueur acide à 3 gr. 5 par litre. 2 cm³ de la liqueur dédoublée valent alors 1 cm³ de la liqueur à 3 gr. 5. Il nous paraît inutile d'insister.

Dosage de la chaux dans le jus achevé avant évaporation, ou dans les jus carbonatés de 2e ou 3e, ou sulfité. — On introduit 40 cm³ de jus dans le flacon hydrotimétrique ; on remplit la burette hydrotimétrique de liqueur jusqu'au trait qui se trouve au-dessus du 0. Puis saisissant le flacon, on verse lentement la liqueur en agitant à chaque fois, et on cesse l'opération quand on obtient environ 1 cm. de mousse persistante pendant quelques minutes. Si on a employé 6 divisions de la burette, la chaux totale est :

$$0{,}0057 \times 6 = 0{,}033 \text{ par litre.}$$

Dosage de la chaux réelle par précipitation au moyen de l'oxalate d'ammoniaque. — Ajouter au jus avant précipitation un peu d'acide acétique, puis précipiter (dans un volume de jus de 50 cm³ ou 100 cm³) la chaux par l'oxalate d'ammoniaque comme il est dit au dosage direct de la chaux dans la pierre à chaux, filtrer et recueillir le précipité, le peser à l'état de carbonate.

On peut encore précipiter la chaux par le carbonate d'ammoniaque. Pour le jus de 1re carbonatation, le procédé hydrotimétrique est inapplicable pour le dosage de la chaux.

Remarque. — M. Vivien dose avec le tube de son système l'alcalinité des jus de 2e carbonatation et similaires en opérant comme il a déjà été dit à ce sujet, mais en prenant une liqueur au 1/5 normale.

Digitized by Google

Alors si l'on trouve 10 divisions, l'alcalinité est de 0,20 par litre ; pour 11 divisions 5, elle est de 0 gr. 23 par litre.

Notes complémentaires. — Pour contrôler le travail de la carbonatation on se sert aussi quelquefois de papiers sensibles. Ceux-ci sont imbibés dans une liqueur sulfurique titrée contenant un indicateur quelconque. On trempe ces papiers dans le jus carbonaté et quand celui-ci atteint une certaine alcalinité la coloration du papier change. Ces papiers sont faciles à faire, mais pas trop à la fois, car ils se conservent mal.

Alcalinité due à la potasse et à la soude. — Il peut être intéressant de connaître dans les jus ou les sirops : 1° l'alcalinité due à la chaux libre ; 2° la chaux combinée ; 3° l'alcalinité due à la potasse et à la soude, etc.

L'alcalinité totale est donnée par la liqueur sulfurique avec le tournesol comme indicateur, ainsi que nous l'avons exposé, soit 0,28 par litre. La chaux totale est donnée ou par l'hydrotimétrie, ou mieux encore par l'oxalate ou le carbonate d'ammoniaque, soit 0,24 par litre.

On dosera l'alcalinité libre due à la chaux, à la potasse, à la soude en précipitant sur 50 cm³ de jus les carbonates à l'état de carbonate de baryte insoluble. Pour cela on ajoutera du chlorure de baryum en morceaux avec un léger excès, on porte à l'ébullition et on filtre sur un petit filtre sans plis, on lave le filtre en ajoutant les eaux de lavage ou liquide filtré. On continue le lavage jusqu'à ce que les eaux de filtration ne soient plus alcalines. On dose l'alcalinité du liquide filtré en opérant au tournesol. On a ainsi l'alcalinité libre totale due à la potasse, à la chaux, à la soude libres. On la rapporte au litre. Si de l'alcalinité totale on retranche l'alcalinité libre, il reste l'alcalinité due aux alcalis carbonatés.

Alcalinité due à la potasse et à la soude. — On prend enfin 100 cm³ de jus, on les évapore à 50 cm³, on additionne d'alcool éthylique à 90° et mieux à 95°, de manière à faire 200 cm³ jaugés du tout. On laisse en contact pendant 12 heures dans un flacon bien bouché : le sucrate de chaux se dépose au fond.

Si on ne peut attendre, on filtre sur plusieurs filtres à la fois en ayant soin de couvrir les entonnoirs pour éviter l'évaporation de l'aloool.

On recueillle 100 cm³ de liquide filtré correspondant à 50 cm³ de

Digitized by Google

jus, on les évapore à 40 cm³ environ, on y ajoute de l'eau distillée pour faire 100 cm³ et on y dose l'alcalinité au tournesol. On a ainsi l'alcalinité due à la potasse et à la soude pour 50 cm³ de jus, on la rapporte au litre de jus. La chaux libre a, en effet, été précipitée par l'alcool à l'état de sucrate de chaux insoluble. La différence entre l'alcalinité libre totale et l'alcalinité due à la potasse et à la soude après traitement à l'alcool représente l'alcalinité due à la chaux libre.

Enfin on obtiendra la chaux combinée en retranchant la chaux libre de la chaux totale.

Alcalinité du sirop et dosage des sels de chaux. — Plusieurs fois par jour on détermine sur le sirop le degré Baumé, l'alcalinité à la phénolphtaléine et au tournesol, les sels de chaux. Puis, comme d'ailleurs on le fait pour le jus carbonaté achevé avant son introduction dans l'appareil évaporatoire, on réserve chaque fois un volume identique de l'échantillon. Sur cette moyenne on détermine vers la fin de la journée : Le Brix poids, le sucre, les cendres ; ce qui permet de compléter l'analyse. Ces déterminations ne diffèrent en rien de l'analyse générale des masses-cuites, égouts, mélasses, etc., il suffit de s'y reporter. Mais revenons à l'alcalinité. Pour les sirops, il faut diluer les 20 cm³ de prise d'échantillon dans la capsule de porcelaine avec environ 20 cm³ à 30 cm³ d'eau distillée *neutre* (ou d'eau ordinaire). On emploiera la liqueur la moins forte à 3 gr. 5 par litre, ou même cette liqueur dédoublée si l'on veut, pour plus de sensibilité. Les essais à la touche au tournesol avec papier sensible se feront comme il est décrit au dosage des alcalinités dans l'analyse générale.

L'essai hydrotimétrique s'effectuera sur 10 cm³ ou 20 cm³ au maximum de sirop dans un flacon hydrotimétrique ; on complètera à 40 cm³ avec de l'eau distillée. Ajouter la liqueur hydrotimétrique petit à petit et agiter à chaque fois jusqu'à mousse persistante. Retrancher du résultat lu à la burette hydrotimétrique le degré hydrotimétrique de l'eau distillée s'il y a lieu.

L'eau distillée doit être essayée auparavant, car elle peut être plus ou moins bien distillée et dépasser en degré hydrotimétrique celui qui lui est ordinairement réservé au-dessus du zéro de la burette.

Connaissant exactement le nombre de degrés lus à la burette, on se reportera à la table donnant les sels de chaux *par litre de jus ou de sirop.*

Digitized by Google

TABLE XII. — *Essais hydrotimétriques donnant les sels de chaux par litre de jus*

Degrés lus sur la burette hydrotimétrique	Volume de jus pris pour l'essai					
	1 cm³	2 cm³	5 cm³	10 cm³	20 cm³	40 cm³
1	0,233	0,114	0,0456	0,0228	0,0114	0,0057
2	0,456	0,223	0,0912	0,0456	0,0228	0,0114
3	0,685	0,342	0,1368	0,0684	0,0342	0,0171
4	0,912	0,456	0,1824	0,0912	0,0456	0,0228
5	1,140	0,570	0,2280	0,1140	0,0570	0,0295
6	1,368	0,684	0,2736	0,1365	0,0684	0,0342
7	1,596	0,798	0,3192	0,1596	0,0798	0,0399
8	1,824	0,913	0,3648	0,1824	0,0912	0,0456
9	2,052	1,026	0,4104	0,2052	0,1026	0,0513
10	2,280	1,140	0,4560	0,2280	0,1140	0,0570
11	2,508	1,254	0,5016	0,2508	0,1234	0,0637
12	2,736	1,368	0,5472	0,2736	0,1368	0,0684
13	2,964	1,482	0,5928	0,2964	0,1482	0,0741
14	3,192	1,596	0,6384	0,3192	0,1596	0,0798
15	3,420	1,710	0,6840	0,3420	0,1710	0,0855
16	3,648	1,824	0,7296	0,3648	0,1824	0,0918
17	3,876	1,936	0,7757	0,3876	0,1938	0,0969
18	4,104	2,052	0,8208	0,4104	0,2052	0,1026
19	4,332	2,166	0,8664	0,4332	0,2166	0,1081
20	4,560	2,280	0,9120	0,4560	0,2280	0,1140
21	4,788	2,394	0,9576	0,4788	0,2394	0,1197
22	5,016	2,508	1,0032	0,5016	0,2508	0,1254

Corrections de température pour la prise de degré Baumé de sirops
d'après Le Docte

De 13° à 24°		De 24° à 33°	De 13° à 21°		De 21° à 33°
Températures	A retrancher	A retrancher	Températures	A ajouter	A ajouter
8°	0,10	0,08	20°	0,12	0,11
9	0,09	0,08	21	0,14	0,13
10	0,08	0,07	22	0,17	0,16
11	0,07	0,06	23	0,20	0,18
12	0,05	0,04	24	0,23	0,21
13	0,04	0,03	25	0,29	0,24
14	0,02	0,02	26	0,33	0,27
	A ajouter	A ajouter	27	0,29	0,30
16	0,02	0,02	28	0,36	0,33
17	0,04	0,04	29	0,40	0,37
18	0,07	0,06	30	0,43	0,40
19	0,09	0,08			

Digitized by Google

Exemple : soit 18° lus à la burette pour 20 cm³ de sirop employé ; les sels de chaux par litre seront de 0,205.

Degré Baumé du sirop. — Au lieu de prendre la densité des sirops, on prend généralement le degré Baumé. Le tableau ci-dessus servira dans ce cas pour la correction de température.

ANALYSE DU LAIT DE CHAUX

L'échantillon étant prélevé dans une éprouvette, agiter celle-ci vivement en la retournant sans dessus dessous après l'avoir bouchée avec le plat de la main gauche, ou bien agiter le lait avec un grand agiteur.

Prise de la densité. — Poser l'éprouvette sur une table bien horizontale et y placer aussitôt un aréomètre Baumé, puis imprimer à l'éprouvette de légers mouvements de rotation autour de son axe vertical. Lire le degré dès que le densimètre a fini de descendre sans plus attendre et sans chercher à établir les dixièmes de degrés.

On peut prendre la température.

La correction à faire sera de retrancher la température de 15°, si elle est inférieure à 15° et de retrancher 15° de la température si elle est supérieure à 15°. Diviser la différence à 15° par 2. Le quotient est le nombre de dixièmes de degrés Baumé à ajouter au degré observé. La correction est additive pour toute température supérieure à 15°, soustractive au-dessous de 15°.

Le degré Baumé d'un lait de chaux est toujours entaché d'erreur. Le lait n'est une solution de chaux que pour une faible part.

Le sucre des petits jus aide à la dissolution de la chaux, il est vrai, mais en réalité, le lait de chaux est composé de particules ténues solides en suspension dans le liquide. Dans ces conditions, il n'y a pas de prise de densité exacte possible par la méthode des aréomètres.

M. H. Pellet recommande de prendre un ballon de 50 cm³ que l'on coupe net au trait 50. On s'en sert comme d'un picnomètre. On le tare, vide, on le remplit à ras de lait de chaux, et on pèse : on obtient le poids du lait de chaux pour un volume de 50 cm³ d'où l'on tire facilement la densité en rapportant ce poids à celui du même volume d'eau.

Sucre du lait de chaux. — Prendre 10 cm³ du lait de chaux

Digitized by Google

préalablement bien agité, afin d'éviter la décantation, les placer rapidement dans un ballon de 100 cm³, ajouter quelques gouttes de phénol phtaléïne et 40 à 50 cm³ d'eau, saturer à l'acide acétique jusqu'à décoloration complète, éviter l'excès d'acide, ajouter 15 cm³ de sous-acétate de plomb, jauger à 100 cm³ avec de l'eau pure, agiter, filtrer, lire au tube de 400 mm. Il est bon d'avoir un tube polarimétrique réservé à cet usage. La déviation lue est tout d'abord divisée par 2, puis multipliée par le centième du poids saccharimétrique et enfin multipliée par 10 (ou × par le dixième du poids saccharimétrique). On a ainsi le sucre en volume. Ce qui fait que, avec le polarimètre à poids normal de 20 gr, la déviation lue est le résultat définitif cherché.

Chaux du lait de chaux. — Bien agiter le lait, en prélever 10 cm³ dans un ballon de 100 (ou 50 cm³ dans 500 cm³), ajouter 50 cm³ environ d'un sirop de sucre à 400 gr. par litre à peu près, agiter en faisant tournoyer le ballon sur lui-même, et attendre un instant ; ajouter alors de l'eau pour jauger à 100 cm³, agiter, filtrer.

Prendre 10 cm³ du filtrat, les mettre dans une capsule en porcelaine pour alcalinités, ajouter quelques gouttes de phénol-phtaléine, et faire l'alcalinité avec la liqueur acide à 35 gr. par litre. Multiplier la lecture à la burette par 20. On a ainsi la chaux rapidement soluble dans le sucre, ce qui est important au point de vue de la fabrication.

Chaux totale du lait de chaux. — Pour cela, avant d'introduire les 10 cm³ de lait dans le ballon de 100, on les place dans un mortier en porcelaine et on les broie avec 10 ou 12 cm³ de sirop de sucre, puis on fait passer dans le ballon de 100 cm³ avec un entonnoir. On ajoute successivement quatre ou cinq fois de suite 10 à 12 cm³ de sirop dans le mortier, en broyant chaque fois et faisant passer dans le ballon. Finalement, avec un jet de pissette on rince le mortier et l'entonnoir, en faisant réunir les eaux dans le ballon qu'on achève de jauger à 100 cm³, on agite, on filtre ; pour le reste, on opère comme pour la chaux ordinaire, ainsi qu'il a été dit.

Si on avait pris 50 cm³ dans 500 cm³, on aurait employé 250 cm³ de sirop de sucre ; le reste est identique.

Blattner a calculé une table (table XIII) que nous donnons d'autre part.

Dans la pratique, on se contente souvent de prendre le degré

Digitized by Google

Baumé du lait, et de déterminer la teneur en chaux d'après le degré Baumé au moyen de la table.

Quelques chimistes pratiquent l'analyse du lait de chaux par le sucre et, comparant ce chiffre à celui de la table de Blattner, calculent alors la pureté du lait de chaux d'après le degré Baumé ou la densité.

TABLE XIII. — *Teneurs en chaux des laits de chaux*, d'après Blattner

Degrés Baumés	Poids d'un litre de lait de chaux	Chaux par litre de lait de chaux	Chaux pour 100 gr. de lait de chaux	Degrés Baumés	Poids d'un litre de lait de chaux	Chaux par litre de lait de chaux	Chaux pour 100 gr. de lait de chaux
17,0	1.134	170	15,00	21,0	1.171	218	18,61
17,2	1.136	172	15,17	21,2	1.173	220	18,77
17,4	1.137	174	15,30	21,4	1.175	222	18,93
17,6	1.139	177	15,51	21,6	1.176	225	19,08
17,8	1.140	179	15,68	21,8	1.178	227	19,24
18,0	1.142	181	15,85	22,0	1.180	229	19,40
18,2	1.144	183	16,03	22,2	1 182	232	19,59
18,4	1.146	186	16,21	22,4	1.184	234	19,78
18,6	1.148	188	16,39	22,6	1.186	237	19,96
18,8	1.150	191	16,57	22,8	1.188	239	20,15
19,0	1.152	193	16,75	23,0	1.190	242	20,34
19,2	1.154	196	16,94	23,2	1.192	245	20,52
19,4	1.156	198	17,14	23,4	1.194	247	20,70
19,6	1.158	201	17,34	23,6	1.196	250	20,89
19,8	1.160	203	17,53	23,8	1.198	252	21,07
20,0	1.162	206	17,72	24,0	1.200	255	21,25
20,2	1.164	208	17,90	24,2	1.202	258	21,43
20,4	1 166	211	18,08	24,4	1.204	260	21,61
20,6	1 167	213	18,25	24,6	1.206	263	21,79
20,8	1.169	216	18,43	24,8	1.208	265	21,97

Digitized by Google

CHAPITRE IX

—

MÉTHODE GÉNÉRALE D'ANALYSE DES PRODUITS SUCRÉS

ANALYSE DU JUS AVANT ÉVAPORATION

Sur chaque échantillon de la journée pris en vue du dosage d'alcalinités, on a réservé un volume, toujours le même. On a ainsi formé un échantillon moyen, sur lequel on détermine : le Brix, le sucre, les cendres et les sucres réducteurs s'il y a lieu.

Ces déterminations ne diffèrent pas de l'analyse des masses-cuites, égouts, mélasses, etc., sauf que la dilution du jus avant évaporation est naturellement telle qu'il est inutile de peser 6 fois le poids normal saccharimétrique, et qu'il convient dès lors d'opérer en volume sur l'éprouvette contenant le jus refroidi vers 15°.

On n'a donc qu'à placer dans l'éprouvette l'instrument Brix de 10 à 15. On a le Brix poids corrigé avec la température, comme il va être dit à l'analyse générale. Ensuite on fait passer le jus au tube polarimétrique, tel qu'il est, s'il est bien limpide, en le filtrant au cas contraire; (1) et en le déféquant même au besoin en en faisant un volume de 100 cm³ porté à 110 après addition de sous-acétate de plomb. On se sert d'un tube de 200 mm., le résultat de la lecture × par le centième du poids normal saccharimétrique donne le sucre en volume. On ajoute le 1/10 de ce chiffre quand il y a eu lieu de déféquer. Le Brix poids connu, il faut ici déterminer le Brix volume et la densité. On les trouvera sur les tables de concordance en regard du Brix poids, aux colonnes correspondantes.

(1) Il vaut mieux, en général, ajouter pour déféquer, quelques centimètres cubes de sous-acétate de plomb, de un à trois, pour se mettre dans les mêmes conditions que pour l'analyse des autres produits.

Digitized by Google

Alors on calcule la pureté qui est, nous le répétons :

$$\frac{\text{Le sucre volume} \times 100}{\text{Brix volume}} = \text{Pureté apparente.}$$

Cendres. — On dose les cendres sur 20 cm³ évaporés avec précaution au bain de sable, et incinérés comme il a été dit une fois pour toutes à l'occasion des cendres du jus de betteraves.

Exemple : — Soit pesé après incinération 5 gr. 632 ; on a : tare égale à 5,700 — 5,632 = 0,068.

De ce dernier chiffre on retranche le dixième pour tenir compte de l'acide sulfurique ajouté et on a 0,068 — 0,007 = 0,061 qui est le poids des cendres de 20 cm³ de jus, on rapportera à 100 cm³ en multipliant par 5. Soit 0,305,

On fera le calcul du salin qui est

$$\text{Coefficient Salin} = \frac{\text{Sucre}}{\text{Cendres}}.$$

On peut faire toutes les déterminations de l'analyse générale qui suit.

On peut opérer en volume et se dispenser de peser pour tout liquide qui ne dépasse pas 30 Brix. Mais il est entendu qu'on peut toujours, quel que soit le produit sucré, opérer de la manière que nous allons décrire.

ANALYSE DES SIROPS. — MASSES-CUITES, EGOUTS RICHES ET PAUVRES. — EGOUTS CHAUDS DE NUTSCHES OU DE TURBINES DE LABORATOIRE, OU EAUX-MÈRES DE CRISTALLISATIONS CHAUDES. EGOUTS FROIDS DE NUTSCHES OU DE TURBINES DE LABORATOIRE OU EAUX-MÈRES DE CRISTALLISATION FROIDES. — MÉLASSES, ETC.

1° *Analyse apparente.* — Quel que soit le produit à analyser parmi ceux qui sont énumérés en tête ce chapitre, on procède pour tous de la même manière. L'analyse se scinde en deux parties,

A — Soit que l'on se contente de rechercher la pureté.

B — Soit que l'on y ajoute les recherches nécessaires pour compléter l'analyse.

A. Déterminations nécessaires pour le calcul de la pureté { Brix
Sucre
Calcul de la pureté apparente.

Digitized by Google

B. Déterminations complémentaires pour terminer l'analyse et l'obtenir complète	Sucre réducteur s'il y a lieu Cendres Eau apparente Matières organiques Calcul du quotient salin et du quotient organique.

Préparation. — L'échantillon étant bien mélangé, si c'est un égout, réchauffé au bain-marie et bien malaxé si c'est une masse-cuite, on en pèse 6 fois le poids normal (6PN) dans une capsule de nickel à bec et à manche telle que celle dont nous avons parlé au début de ce travail.

On fait passer le poids du produit pesé dans un ballon de 300 cm³. Pour cela, il faut disposer d'eau distillée bouillante.

On place le ballon de 300 sous un entonnoir dont la douille est coupée en biseau et pas trop longue (fig. 313) de manière que la douille laisse entre ses parois extérieures et le col du ballon un espace suffisant pour l'échappement de l'air du ballon. On verse de l'eau chaude dans la capsule et on délaye le produit pesé au moyen d'un agitateur en verre muni d'un doigt de caoutchouc.

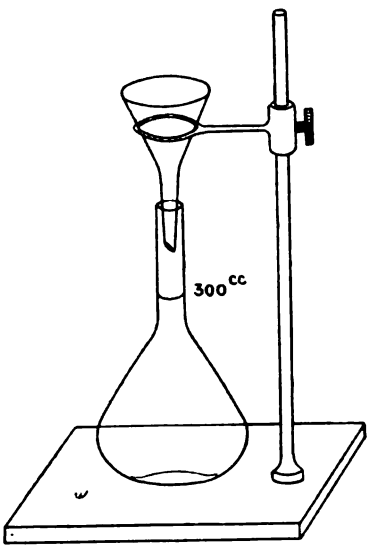


Fig. 313.

Lorsque la plus grande partie de la masse est dissoute, on verse dans l'entonnoir, en ayant soin qu'il ne passe pas de cristaux non dissous dans le cas des masses-cuites. On ajoute de l'eau chaude et on continue la dissolution, on rince à la fin l'agitateur et la capsule et on fait en sorte de ne pas remplir le ballon au delà de 260 cm³ à 270 cm³. Cela fait, on porte le ballon à refroidir.

Mais avant on regarde par transparence sous le fond du ballon pour voir s'il y a encore quelques parties à dissoudre, car il serait encore possible de le faire en agitant le ballon par des mouvements circulaires imprimés au liquide qu'il contient. Le ballon refroidi est jaugé exactement à 300 cm³ avec de l'eau distillée. On agite par retournement.

Digitized by Google

On verse alors dans une éprouvette spéciale dite de « Steffen » (voir correction des Brix) en faisant couler le liquide le long de la paroi intérieure de l'éprouvette tenue inclinée, afin d'éviter de produire de la mousse.

Détermination du Brix apparent. — Prendre l'instrument Brix en le tenant verticalement par le haut de la tige, et le placer en le conduisant à la main jusqu'à ce qu'il soit près de s'équilibrer. Faire deux lectures successives au moins et y apporter une attention minutieuse. Lire au niveau du plan *ab* qui est le sommet du ménisque (fig. 314).

Le ménisque doit avoir la forme indiquée sur le croquis ci-contre ; s'il ne l'avait pas, s'il était convexe au lieu d'être concave, on le rendrait concave en faisant déborder un peu de liquide. Ajouter alors à la lecture la correction admise constante (1) de 0,04 qui est la hauteur évaluée en centièmes de degrés Brix du ménisque. Prendre la température du liquide, faire la correction à 15° d'après la table de concordance ; (2) ajouter la correction de l'instrument (voir correction des Brix) d'après la table de correction que l'on aura dressée pour l'instrument dont on se sert. On a ainsi le *Brix Poids* de la solution à 6 fois le poids normal sur laquelle on opère. Ce Brix Poids est encore appelé Petit Brix Poids.

Voici un exemple des calculs.

Soit :	Brix lu	23,49	à 18° de Température;
on a :	Correction constante . . .	0,04	pour le ménisque;
	Correction de Température.	0,03	d'après Gerlach (ou autre);
	Correction de l'instrument .	0,11	d'après la table de corrrection de l'instrument;
	Total	23,67	qui est le petit Brix poids corrigé.

Pour passer du petit Brix poids de la solution à 6 fois le poids normal au Brix poids réel du produit analysé, on se sert de la formule :

$$\frac{\text{Petit Brix poids} \times \text{Densité correspondante} \times 3 \times 100}{\text{6 fois le Poids normal}}$$

ou en simplifiant ;

$$\frac{\text{Petit Brix volume} \times 100}{\text{2 fois le Poids normal}} = \text{Grand Brix Poids.}$$

(1) Nous nous sommes expliqué à ce sujet page 118.

(2) La correction aura lieu à 15° d'après la table IV bis pour les instruments graduées à 15°. Elle aura lieu à 17°5 d'après la table IV (de Gerlach) pour les instruments gradués à 17°5.

Digitized by Google

Ordinairement, on possède un tableau qui donne toutes les valeurs des grands Brix d'après les petits Brix poids.

Expliquons la formule :

Soit : b_p le Brix poids de la solution à 6PN ;

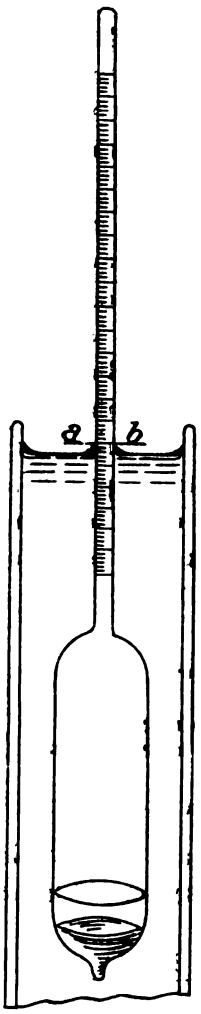


Fig. 314.

b_v le Brix volume correspondant sur la table de correspondance ; b_v représente les matières sèches dans 100 cm³ de la solution à 6PN et dans 300 cm³ de la dite solution il y en aura 3 fois plus.

$$b_v \times 3 = 3\ b_v.$$

Mais les 300 cm³ de solution représentent 6 fois le poids normal du produit, donc 3 b_v sont les matières sèches contenues dans 6PN du produit, et pour 100 gr. de ce produit il y aura en matières sèches :

$$\frac{3\,b_v \times 100}{6\text{PN}} = \text{Matières sèches pour 100 grammes}$$

ou par définition Brix poids du produit même.

Détermination du sucre. — On prélève sur la solution initiale à 6PN de l'éprouvette Steffen 100 cm³ que l'on met dans un ballon de 200 cm³ ; le prélèvement se fait au moyen d'une pipette de 100 cm³. On ajoute la quantité de sous-acétate voulue. On complète avec *eau ordinaire* froide à 200 cm³, on agite et on filtre. On polarise au tube de 20. On a directement le sucre pour 100 gr. du produit.

On reconnaît rapidement la quantité de sous-acétate nécessaire en ceci que, l'addition de quelques nouvelles gouttes en plus de la quantité suffisante ne produit plus de traces blanchâtres ; on fait en sorte de faire couler ces gouttes le long de la paroi intérieure du ballon avant qu'elles n'entrent dans le liquide.

On observe alors l'effet que ces gouttes produisent sur le liquide. S'il y a assez de sous-acétate, l'arrivée de nouvelles gouttes ne produit plus aucun trouble, et aucun changement de la coloration du li-

Digitized by Google

quide du ballon. Pour fixer les idées, il faut depuis quelques cm³ de sous-acétate pour les produits les moins colorés, jusqu'à 15 cm³ environ pour les mélasses, dans le cas du polarimètre français à 16,29,

Pureté apparente. — On a :

$$\frac{\text{Sucre} \times 100}{\text{Grand Brix apparent}} = \text{Pureté apparente.}$$

Détermination de la Densité. — On la trouvera dans la table des correspondances en regard du grand Brix Poids.

Détermination des cendres. — On prélèvera 10 cm³ de la solution initiale à 6PN dans une capsule de platine tarée à 5 gr. 700, on évaporera au bain de sable ou à l'étuve, avec précaution, jusqu'à consistance sirupeuse et on opèrera exactement comme il a été dit déjà à ce sujet pour le dosage des cendres. Nous le répétons brièvement.

Ajouter 2 à 3 cm³ d'acide sulfurique ; faire incinérer, d'abord avec précaution puis en pleine flamme d'un bec Bunsen de fort calibre jusqu'à fin du boursouflement. Mettre alors à la moufle, chauffer d'abord doucement en utilisant le bord de la moufle, et ne pousser au fond que lorsque les cendres sont déjà plus qu'à moitié incinérées. Donc chauffer progressivement jusqu'au rouge sombre. L'incinération terminée, peser à la balance de précision.

Exemple de calcul.

Tare de la capsule	5,700
Pesée avec cendres	5,548
Différence.	0,152
A retrancher le 1/10e	0,015
Il reste.	0,137

Ce poids représente les cendres de 10 cm³ de notre solution primitive à 6PN dans 300 cm³. Ce qui fait 2 fois le poids normal dans 100 cm³ de solution.

Par conséquent, 10 cm³ de solution représentent 2 fois le dixième du poids normal saccharimétrique en produit à analyser, soit pour le polarimètre à 16 gr. 29 = 3 gr. 258. C'est donc comme si nous avions pesé directement dans la capsule à incinération 3 gr. 258 de produit.

Dès lors les cendres pour 100 gr. seront :

$$\frac{0{,}137 \times 100}{3{,}258} = \text{Cendres pour 100 grammes}$$

Digitized by Google

Quel que soit le poids des cendres dans ce calcul, le rapport :

$$\frac{100}{3,238} \text{ est invariable}$$

on le calculera une fois pour toutes. C'est 30,693 ou 30,7 en chiffre rond. On multipliera alors le poids des cendres par ce chiffre. Ce sera pour l'exemple choisi :

$$0,137 \times 3,07 = 4,20.$$

Nota. — Pour les sirops et les produits liquides il est préférable de peser directement 5 gr. dans la capsule à incinérer, et de rapporter alors les cendres à 100 gr. en multipliant le poids de cendres trouvé, dixième déduit, par 20.

M. H. Pellet en accélère l'incinération en ajoutant 1 à 2 gr. de sucre raffiné en poudre avant d'ajouter l'acide sulfurique, pour les produits à pureté faible, comme les égouts pauvres et les mélasses.

Dosage de l'eau apparente. — Elle s'obtient en soustrayant le grand Brix de 100.

Exemple : Grand Brix = 75,33
Eau apparente = 100 — 75,33 = 24,67 pour 100 grammes.

Matières organiques. — Elles s'obtiennent par l'addition des matières déjà dosées, en retranchant le résultat de 100 :

Exemple :	Sucre	47,80	total 81,35
	Glucoses	0,00	
	Cendres	8,88	
	Eau	24,67	
	Matières organiques	18,67 = 100 — 81,35	
	Total	100,00	

Chaux par hydrotimétrie. — Prendre 10 cm³ de la solution initiale à 6PN, les porter dans un flacon hydrotimétrique, ajouter 30 cm³ d'eau distillée (¹) : ajouter la liqueur hydrotimétrique, comme il a été dit déjà, jusqu'à la mousse persistante. Lire la quantité de liqueur de savon employée, soustraire le degré de l'eau distillée s'il y a lieu, cette eau ayant été préalablement essayée, ainsi que nous l'avons dit ; se reporter ensuite à la table des sels de chaux.

Exemple de calcul.

(¹) Il est bon d'ajouter aussi quelques gouttes, une ou deux, de solution d'ammoniaque à 22° dans son volume d'eau. Cela est absolument nécessaire quand les produits à analyser sont voisins de la neutralité ou très légèrement acides.

Digitized by Google

Soit trouvé à la burette 5° ; l'eau distillée marque 1° en plus de celui qui lui est ordinairement attribué ; il reste 4°.

Or 4° font à la table pour 10 cm³ de volume pris comme essai 0,0912 de chaux par litre du jus essayé.

Mais 1 litre de solution, à 6PN pour 300 cm³, contient en poids.

$$\frac{6\,PN \times 1000}{300} = 20 \text{ fois le poids normal ;}$$

donc 0,012 est la chaux contenue dans 20 fois le poids normal, soit pour le polarimètre à 16 gr. 29 dans 325 gr. 8.

Et pour 100 gr. de produit analysé on aura :

$$\frac{0{,}0912 \times 100}{325{,}8} = \text{chaux pour 100 grammes}$$

Il suffit donc en résumé de diviser la quantité de chaux indiquée par la table par $\frac{100}{325{,}8}$ ou de multiplier cette même quantité par 0,30693 ou 0,307 en chiffres ronds = 0,0279.

Remarque. — Pour ces calculs, et afin de ne pas les répéter, on peut construire des tables, ce qui est facile, suivant le poids normal du saccharimètre dont on dispose.

Alcalinité à la phtaléine. — On continue en dosant l'alcalinité. En prenant 20 cm³ de solution initiale dans une capsule de porcelaine, on ajoute un peu de phtaléine, et on décolore à la liqueur acide à 3 gr. 5 par litre, ainsi qu'on sait le faire.

La quantité de centimètres cubes usée en liqueur acide à la burette donne l'alcalinité par litre de solution initiale tout comme pour un jus quelconque. Mais on exprime l'alcalinité ici pour 100 gr. de produit analysé. Donc on a l'alcalinité pour 20 fois le poids normal comme il est dit plus haut, on rapportera alors à 100 gr. par les mêmes calculs, ce qui revient à multiplier l'alcalinité trouvée par $\frac{100}{2PN \times 10}$.

Ex. : pour le polarimètre français à 16,29 ou aura : soit 7 cm³ 5 trouvé à la burette, cela fait 0 gr. 750 d'alcalinité par litre et

$$\frac{0{,}750 \times 100}{325{,}8} = \text{alcalinité pour 100 grammes}$$

ou encore 0,750 × 0,30693 (ou 0,307) = d° d° = 0,230.

Digitized by Google

Alcalinité au tournesol. — On continue l'alcalinité sur le même liquide qui est dans la capsule ; car, s'il est devenu neutre à la phénolphtaléine, il peut être encore alcalin au tournesol. On neutralise donc à la touche, en faisant de temps en temps une trace avec l'agiteur mouillé par le liquide de la capsule sur un petit morceau de papier de tournesol sensible. On place ces traces parallèlement les unes à côté des autres afin de mieux comparer, et lorsque la trace effectuée n'indique plus d'alcalinité, on s'arrête et on lit le nombre de centimètres cubes de liqueur acide employée. Les calculs sont les mêmes.

Soit 1 cm³ 5 de plus qu'à la phénolphtaléine, cela fait en tout 9 cm³, soit 0,900 par litre de solution initiale. Or, 0,900 × 0,307 = 0,276 qui est l'alcalinité au tournesol.

Nota. — On peut aussi opérer, ainsi que nous l'avons dit, au moyen de la teinture de tournesol sensible, et à l'ébullition. Mais en pratique courante, on se contente du papier de tournesol sensible.

Il ne reste plus qu'à doser la glucose s'il y en a. On peut la doser sur le liquide filtré ayant servi à l'observation polarimétrique ; on opèrera comme pour un jus de betteraves.

Mais auparavant on précipitera l'excès de plomb de la manière suivante ; on prendra 50 cm³ du liquide filtré, on y ajoutera 5 cm³ ou 10 cm³ d'une solution de carbonate de soude saturée. On agitera, on filtrera, et sur le liquide filtré on dosera la glucose comme pour un jus. Le résultat trouvé sera, dans le cas où l'on a ajouté du carbonate de soude, augmenté de son propre dixième.

Exemple de calcul.

Soit employé 5 cm³ de liqueur cuivrique, et trouvé à la burette en liquide sucré, après réaction et décoloration, 11 cm³.

Cela veut dire que dans 11 cm³ il y a une quantité de sucres réducteurs telle qu'elle précipite tout le cuivre de 5 cm³ de liqueur cuivrique ou que 22 cm³ de liqueur sucrée contiennent de quoi précipiter le cuivre de 10 cm³ de liqueur cuivrique, soit 0 gr. 050 de sucres réducteurs.

Donc 1 000 cm³ de solution sucrée, qui sont 325 gr. 80 de produit analysé, (dans le cas du polarimètre français à 16,29) contiennent :

$$\frac{0{,}050 \times 1000}{22} = 2{,}27 \text{ de sucres réducteurs}$$

Digitized by Google

et pour 100 gr. du produit analysé

$$\frac{2,27 \times 100}{325,8} = 0,69$$

ou

$$1,27 \times 0,307 = 0,69.$$

Comme pour les autres dosages, on peut se faire une table résumant ces calculs pour les différents cas.

On calculera enfin pour terminer l'analyse, les matières organiques, le quotient de pureté, le salin, le coefficient organique, ainsi qu'il a été dit, nous n'y reviendrons pas. En tête du libellé de l'analyse, on inscrit le grand Brix poids.

Détermination du Brix réel ou dosage de l'eau. — La difficulté du dosage de l'eau réelle réside en ce fait que par la dessiccation, les produits sucrés liquides forment des laques en quelque sorte, qui ne cèdent plus leur eau que fort difficilement (¹). Il faut diviser la matière et faire en sorte qu'elle offre une grande surface d'évaporation. On atteint ce but de diverses manières : on a employé le sable à grains gros comme des grains de blé, le sable fin ou silice précipitée, le Kieselguhr, la pierre ponce lavée et séchée, le papier à filtre, (²) ce dernier étant parmi les meilleurs modes d'opérer.

Toutes ces opérations sont communes en ce sens que toujours il s'agit de faire absorber ou d'étendre sur de grandes surfaces des couches idéalement minces des produits que l'on veut dessécher, sans qu'il en reste aucunement en couche épaisse. Il est donc bon de les diluer un peu, une fois pesé le poids voulu pour les dessécher.

M. H. Pellet a modifié une méthode de J. Weisberg et il opère ainsi :

Il se sert d'une capsule de forme spéciale qu'il a imaginée et qui présente un évidemment au centre (fig. 315).

La capsule est munie d'un couvercle, on ajoute à cela un petit agitateur en verre recourbé légèrement à l'une de ses extrémités comme une petite canne (fig. 316).

On emploie de la pierre ponce fine granulée en grains de 1 mm.

(¹) C'est le cas des colloïdes.

(²) On se sert alors de petites bandes de papier à filtre pliées en accordéon et que l'on fait tenir verticalement, les arêtes des pliures étant verticales sur le plan que forme le fond de la capsule.

Digitized by Google

On s'assure qu'elle n'est pas acide et on la calcine. On laisse refroidir dans un exsiccateur.

On place alors au centre de la capsule un petit entonnoir renversé un peu plus large que l'évidement, et on verse tout autour environ 40 cm³ de pierre ponce fine. On retire l'entonnoir doucement en lui imprimant un léger mouvement giratoire, de manière à ce qu'il ne

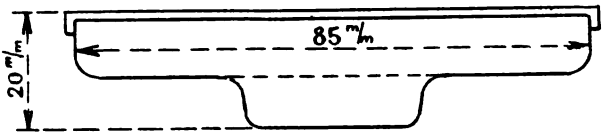


Fig. 315.

tombe pas de pierre ponce dans l'évidement. On met alors l'agitateur et le couvercle, on tare le tout.

Dans l'évidement on met environ 3 gr. de la substance à analyser, ou bien on y place 10 cm³ de la solution 6PN, ce qui représente 3 gr. 258 de matière.

Si on a pesé 3 gr. de matière, il faut les dissoudre avec 10 cm³ d'eau distillée bouillante.

Lorsque la dissolution est bien faite dans l'évidement, on opère un mélange intime de la ponce avec la solution. On se sert du petit agitateur (on place le tout sur une grande feuille de papier, de manière à bien se rendre compte si l'on perd de la ponce.)

Finalement, lorsque toute la ponce est humidifiée, on la répartit uniformément dans la capsule, et on place l'agitateur par dessus. On porte à l'étuve, le couvercle étant cette fois placé sous la capsule.

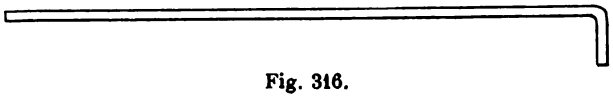


Fig. 316.

Un thermomètre est placé dans l'étuve à côté de la capsule ; il doit marquer de 102° à 105. Au bout de 3 heures on fait une pesée ; puis une autre une demi-heure après ; puis une troisième une demi-heure après. Lorsque 2 pesées consécutives concordent à 1 mmg. près, la dessiccation est faite.

Il est inutile de dépasser 5 heures d'étuve. Les résultats seraient faussés.

On calcule ainsi :

Digitized by Google

Soit 7 gr. 284 la tare de la capsule, + la ponce + le couvercle et l'agitateur, par la double pesée.

On ajoute environ 3 grammes de matière à dessécher.

On repèse, on trouve 4 gr. 384.

Donc on a mis 7,284 — 4,384 = 2 gr. 900 de matière.

On dessèche — on pèse — on trouve 4 gr. 984 cette fois.

Donc l'eau est :

$$4{,}984 - 4{,}384 = 0{,}60 \text{ pour } 2 \text{ gr. } 900 \text{ de matière}$$

et pour 100 gr.

$$\frac{0{,}60 \times 100}{2{,}900} = 20{,}68 \text{ pour } 100.$$

Le Brix réel sera obtenu par différence :

$$100 - 20{,}68 = 79{,}32.$$

Nota. — Pour les mélasses, et même pour les égouts, le mieux serait de faire la dessiccation dans le vide à la température de 60° sans dépasser cette température, à cause de la désorganisation des matières organiques. Il a été construit dans ce but des étuves à vide, telle celle de D. Sidersky, ou des appareils, tel celui de Courtonne ou de Laugier.

Dessiccateur Courtonne. — Il se compose d'un tube en cuivre A

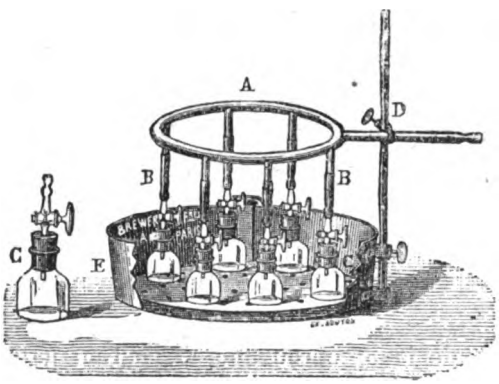


Fig. 317.

affectant la forme d'un cercle ; ce tube est relié par un autre D à une trompe à eau ou à la conduite d'aspiration du triple effet (fig. 317).

Des tubulures B sont fixées sur le tube A ; elles aboutissent aux flacons dans lesquels on a placé un poids de masse cuite variant entre 1 et 2 gr. ; tous ces flacons plongent dans un bain-marie chauffé

Digitized by Google

aux environs de 100°. Avec cet appareil il faut une demi-heure, dit M. Courtonne, pour dessécher complètement 2 gr. de masse cuite.

La fig. 318 est l'étuve très pratique de Sidersky.

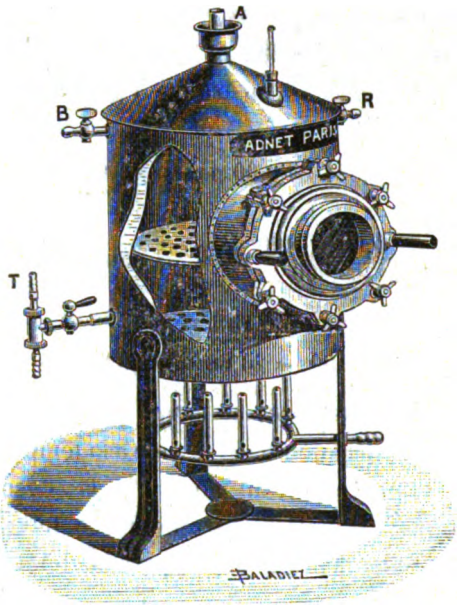


Fig. 318.

Dessiccateur Laugier. — Cet appareil a pour but d'éviter les altérations qui peuvent se produire pendant la dessiccation au contact de l'oxygène de l'air ; l'évaporation de l'eau du corps à dessécher se produit dans un courant de gaz d'éclairage épuré.

Le gaz passe par 3 éprouvettes contenant l'une du chlorure de calcium qui le dessèche, la 2e de la pierre ponce imbibée d'acide sulfurique qui retient les hydrocarbures et l'ammoniaque, la 3e de la soude caustique qui retient l'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré.

A sa sortie de la 3e éprouvette le courant gazeux arrive dans une boîte cylindrique dans laquelle est placée la capsule contenant la masse cuite ; sur la tubulure de sortie de gaz on fixe un tube de caoutchouc qui est relié à un bec Bunsen qui chauffe la boîte-étuve.

Par ces quelques appareils, qui cherchent à répondre à un but délicat à atteindre, on voit que la question du dosage exact de l'eau dans les produits sucrés est une question qui n'a pas été résolue complètement encore, d'une manière satisfaisante.

Digitized by Google

Avec l'eau réelle et le Brix réel, on calcule les matières organiniques réelles, la pureté réelle, le coefficient organiques réel, ainsi que nous le savons du reste.

Notes additionnelles. — M. Léon Pellet a modifié heureusement les capsules de nickel spéciales. Il a donné à la petite cuvette qui sert à dissoudre la substance à dessécher une forme ovoïde, et il l'a placée sur le bord intérieur de la circonférence que forme la capsule.

Enfin, M. H. Pellet contrôle la dessiccation en pesant 1 gr. 1/2 de sucre pur dans la petite cuvette, et en l'y dissolvant avec 10 cm³ d'eau chaude. Puis préparant le tout comme il a été dit, il porte à l'étuve à côté des capsules préparées avec d'autres produits. C'est la capsule témoin : à la dessiccation, cette capsule témoin doit donner, une fois pesée, le poids de matière sèche de 1 gr. 5, à 1 millième près.

Digitized by Google

CHAPITRE X

—

ANALYSE DES ÉCUMES — PIERRE A CHAUX CHAUX — COKE ET CHARBONS GAZ ACIDE CARBONIQUE — GAZ DES GÉNÉRATEURS

ANALYSE DES ÉCUMES

On prélève l'échantillon aux filtres presses tous les 2 ou 3 plateaux, lorsqu'il s'agit de contrôler le lavage, au moyen d'un petit morceau de tuyau de 5 cm. de diamètre environ et de 20 cm. de long, dont on se sert comme d'un emporte-pièce. S'il s'agit de contrôler au contraire la perte totale en sucre, on prend l'échantillon au wagonnet sous les filtres presses, au moyen d'une sonde analogue à celle qui sert à sonder les tas de sucre. L'éhantillon doit toujours être pétri à la main pour en faire un tout homogène.

Dosage de l'eau. — Si on veut doser l'eau, dessécher à l'étuve à 105° 50 à 100 gr. d'écumes jusqu'à poids constant.

Dosage du sucre total. — Le sucre dans les écumes peut être à l'état libre, c'est-à-dire soluble, ou à l'état de sucrates insolubles lorsque la carbonatation a été mal conduite ou pour d'autres causes, telles que le manque d'étanchéité d'une soupape de vidange de chaudière de carbonatation en emplissage de jus chaulé. En général, pour se rendre compte de la perte totale, on dose le sucre total au lieu du sucre purement soluble.

Plusieurs méthodes ont été proposées. Les travaux récents de M. Lindet ont abouti à ce résultat que, de tous les acides proposés pour obtenir la décomposition des sucrates (tels que l'acide borique, l'acide phénique, ou autrement l'azotate d'ammoniaque, le carbonate de soude, le bicarbonate de magnésie, etc.) il ne fallait retenir que l'acide acétique qui sert d'ailleurs depuis longtemps — On pèse le

Digitized by Google

triple du poids normal corrigé pour tenir compte du volume occupé par le précipité de chaux (soit 47 gr. 28 pour le polarimètre à 16.29) c'est-à-dire 3 fois 15 gr. 76. On les introduit dans un mortier et on les triture avec un peu d'eau, on ajoute une à deux gouttes de phtaléine, et peu à peu un mélange d'alcool et d'acide acétique en parties égales, jusqu'à décoloration ; si malgré l'alcool, il y avait encore de la mousse, la faire tomber avec quelques gouttes d'éther.

Faire ensuite passer le tout dans un ballon de 300 cm³, ajouter 5 à 6 cm³ de sous-acétate de plomb, compléter à 300 cm³ jusqu'au trait, agiter, filtrer ; et polariser au tube de 400 mm. le nombre de degrés et dixièmes de degrés lu sera divisé par 2, ou par 2,50 si l'on dispose seulement d'un tube de 500 mm.

Dosage du sucre soluble. — On traite dans un mortier le même poids d'écumes par un peu d'eau froide ; on fait passer dans 300 cm³ sans ajouter de phtaléine ni d'acide acétique ; on lave bien le mortier, l'entonnoir, etc. ; on ajoute 5 à 6 cm³ de sous-acétate, on jauge, et on opère pour le reste comme pour le sucre total.

Sucre insoluble. — On l'obtiendra en retranchant le sucre soluble du sucre total.

Note additionnelle. — Il est peu facile de peser 2 fois le poids normal d'écumes ; on remplace la pesée par le procédé suivant plus propre, plus rapide et suffisant pour la pratique.

On fait préparer un petit tube de cuivre de 20 cm. de long et de 28 à 30 mm. de diamètre intérieur environ, auquel on adapte un poussoir en bois dur formant piston, passant librement à l'intérieur du tube, et ayant une butée d'arrêt.

On fixe une forte rondelle de caoutchouc C (fig. 319) à la partie antérieure du piston, pour former poussoir.

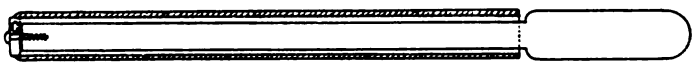


Fig. 319.

On détermine par le calcul le volume intérieur du cylindre de cuivre, et par la densité des écumes on détermine *quelle longueur* d'un cylindre plein d'écumes correspond au poids triple normal que l'on doit peser.

Sur une plaque d'émail (un carreau de table de laboratoire émaillé

Digitized by Google

blanc de 20 cm. de côté suffit) on trace 2 traits, *ab* et *cd*, parallèles, déterminant la longueur du cylindre d'écumes.

On se sert de l'appareil comme d'un emporte-pièces. On l'emplit d'écumes, puis avec le poussoir, ayant placé le cylindre de cuivre plein d'écumes au bord de la plaque d'émail, on fait sortir le boudin d'écumes ainsi formé.

Il vient se placer perpendiculairement aux traits parallèles qui doivent déterminer sa longueur (fig. 320) *a b* et *c d*.

Avec un couteau, on coupe à la longueur voulue, on a le poids d'écumes désiré ; on le vérifie par la pesée, et on rectifie la longueur une fois pour toutes s'il y a lieu. Comme dans une même usine, les écumes sont toujours de même densité lorsque le travail est réglé, l'erreur commise, si elle existe, est bien faible et pratiquement négligeable.

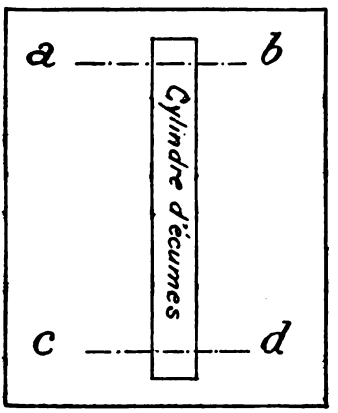


Fig. 320.

On peut encore remplacer le ballon de 300 cm³ par un bocal en verre blanc de 600 cm³ environ, avec goulot mi-large, fermant par un bouchon de caoutchouc.

On tracera à la lime, un trait circulaire, au volume de 300 cm³ que l'on déterminera à peu près à la moitié de la hauteur du bocal. — On introduira le cylindre d'écumes en le fragmentant à la main dans le bocal; on ajoutera environ 250 cm³ d'eau, 5 à 6 cm³ de sous-acétate, on fermera avec le bouchon. Puis on agitera violemment.

Lorsque toute l'écume est désagrégée en une sorte de lait, on ouvre et on abat la mousse, on jauge, on remet le bouchon, on agite, et on filtre, etc., on a ainsi le sucre soluble.

Pour le sucre total, on fait de même, mais une fois le lait d'écume obtenu, on ajoute la phtaléine et l'acide acétique à moitié d'alcool, comme il a été dit, on agite circulairement, on décolore ; finalement on jauge ; on agite, on filtre, on polarise. Cette méthode très pratique est due à M. H. Pellet.

Sucre perdu par 100 kg. de betteraves dans les écumes. — Deux cas peuvent se présenter :

Digitized by Google

1° Les écumes de 1re carbonatation et de 2e carbonatation sont filtrées séparément.

2° Les écumes de 1re carbonatation et de 2e sont mélangées pour être filtrées, et lavées.

Dans le 1er cas on dose le sucre dans les deux écumes et on calcule comme suit pour chacune d'elles la quantité d'écumes par 100 kg. de betteraves. Pour cela, il faut faire de temps en temps l'essai suivant : Peser quelques tourteaux, prendre le poids moyen et le multiplier par le nombre de tourteaux produits par filtre presse. Multiplier ensuite le nombre obtenu par la quantité de filtres faits en 24 heures.

Rapporter le résultat trouvé à la quantité de betteraves travaillées pendant ces 24 heures.

Quelques usines ne possédant pas de filtres à lavages malaxent leurs écumes avec de l'eau et les passent de nouveau aux filtres presses ; il faut dans ce cas effectuer l'analyse des écumes avant lavage et après lavage afin de se rendre compte du travail ; mais il va sans dire que le sucre des secondes est seul perdu, puisque l'eau de lavage rentre dans le travail.

EAUX DE LAVAGE DES ÉCUMES

Les eaux de lavage des écumes étant envoyées au lait de chaux ou à la 2e carbonatation, ce qu'il est intéressant de connaître, c'est leur composition une fois qu'elles sont débarrassées de l'excès de chaux qu'elles contiennent. Aussi devra-t-on opérer de la manière suivante : Carbonater à fond 0 lit. 500 de ces eaux, chasser par ébullition le léger excès d'acide carbonique qu'il peut y avoir ; refaire exactement le volume de 500 après refroidissement et faire l'analyse sur le liquide obtenu.

Densité. — La densité se prend comme toujours au moyen du densimètre ou de la balance de Mohr en faisant la correction de température, et mieux encore par le Brix.

Sucre %. — Le sucre sera dosé comme pour un jus de 2e carbonatation, ou jus avant l'évaporation ; il ne faut que peu de sous acétate. M. Herzfeld fait remarquer que le résultat trouvé est généralement trop fort parce que le liquide contient de la galactane polarisant énergiquement à droite ; c'est ce qui explique pour les eaux de lavage des puretés supérieures à 100.

Digitized by Google

Celui-ci a comparé deux égouts provenant d'un travail avec lavage absolu et sans lavage.

Voici les résultats qu'il indique.

	Ecumes non lavées	Ecumes lavées
Polarisation ordinaire	65,45	59,85
» après inversion	65,45	58,70
Raffinose	—	0,60
Eau	15,89	13,97
Cendres alcalines	3.46	3,90
Cendres calcaires	3,88	5,90
Non-sucre organique	11,32	16,93
Pureté	77,80	69,9

ANALYSE DE LA PIERRE A CHAUX

Prise de l'échantillon. — Sur le tas de pierre, à l'aide d'un marteau on détache un peu partout un certain nombre de morceaux de pierre. On les concasse ensuite au laboratoire à la grosseur de petits cailloux, on en forme un échantillon moyen réduit à la valeur d'une poignée, qu'on transforme ensuite dans un mortier en une poudre impalpable, bien mélangée.

On dosera l'eau de la pierre sur un échantillon de pierre concassé rapidement en menus fragments. On la dosera aussi sur la poudre pour établir les calculs et pourcentages de l'analyse. L'analyse véritable sera rapportée à la quantité d'eau trouvée *non dans la poudre* mais au contraire *sur la pierre rapidement concassée.*

Analyse minérale.

Dosage de l'eau. — Peser 5 gr. dans une capsule de platine tarée, porter à l'étuve à 110°-120° pendant 2 heures, peser, reporter à l'étuve 1/2 heure, repeser, jusqu'à concordance des poids ; la perte de poids rapportée à 100 gr. donne l'humidité.

Attaque par l'acide chlorhydrique, — Faire passer la poudre desséchée de la capsule de platine dans une capsule de porcelaine à bec de 125 mm. de diamètre. S'aider d'un jet de pissette d'eau distillée pour faire passer les dernières traces de poudre de la capsule de platine dans la capsule de porcelaine. Humecter d'abord la poudre avec précaution, puis ajouter de l'eau environ 50 cm³ y compris celle nécessaire au nettoyage de la capsule de platine. On recouvre alors avec un entonnoir renversé de diamètre tel qu'il emboîte à l'intérieur de la capsule de porcelaine. On réalise ainsi un bécherglass en 2 pièces très utile pour toutes attaques par les acides (fig. 321).

Digitized by Google

Verser alors l'acide chlorhydrique pur sur le cône extérieur de l'entonnoir et petit à petit jusqu'à cessation de l'effervescence. Ajouter encore environ 5 à 6 cm³ d'acide pur. Faire bouillir un instant, laisser un peu refroidir.

Enlever ensuite l'entonnoir, en ayant soin de le laver extérieurement et intérieurement et sur les bords par un jet de pissette, et réunir les eaux de lavage à ce qui est dans la capsule.

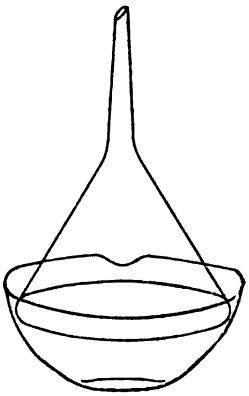


Fig. 321.

Silice insoluble. — On filtre alors sur un filtre sans plis et à papier d'analyse sans cendres. On lave le filtre et la capsule suivant les prescriptions de l'analyse minérale, on incinère, on pèse : le poids trouvé, déduction des cendres minimes du filtre, multiplié par 20 donne la silice insoluble aux acides.

Silice soluble. — Evaporer jusqu'à siccité complète le filtrat et les eaux de lavage réunis au bain de sable ; calciner pour insolubiliser la silice. Reprendre par 50 cm³ d'eau et 25 cm³ d'acide chlorhydrique pur, chauffer, filtrer, laver jusqu'à ce que les eaux de lavage ne soient plus acides. On réunit le filtrat et les eaux de lavage dans un ballon de 500 cm³ qu'on jauge à froid au trait de 500 cm³. Le filtre incinéré, pesé, etc., donne la silice soluble ; on la rapporte à 100 gr.

Fer et alumine. — Le ballon de 500 cm³ est agité par retournement. Dans un bécherglass on prélève 100 cm³ du liquide, qui font 1 gr. de pierre ; on y ajoute une trace de chlorate de potasse, une goutte de phtaléine et de l'ammoniaque sans aucun excès jusqu'à coloration rose clair. On filtre rapidement ; on lave le précipité à l'eau chaude. On incinère au rouge sombre, on pèse. Le poids rapporté à 100 donne le fer et l'alumine.

Dosage de la chaux. — Le filtrat réuni aux eaux de lavage de l'opération qui précède est réduit par évaporation s'il est trop volumineux. Après refroidissement on y ajoute de l'ammoniaque, puis de l'acide acétique jusqu'à franche acidité, et enfin de l'oxalate d'ammoniaque. Si l'oxalate est en solution saturée, il en faut environ 40 cm³. Mais le mieux est de peser 2 gr. d'oxalate en cristaux et de les verser doucement dans le bécherglass, la solution s'effectuera parfaitement d'elle-même en même temps que la précipitation. Après

Digitized by Google

une demi-heure à une heure de chauffage au bain-marie, le précipité d'oxalate de chaux étant bien formé, on laisse déposer.

Filtrer ensuite et laver à l'eau chaude, calciner à basse température, à la moufle tout à fait sombre pour transformer en carbonate de chaux. Retirer de la moufle, ajouter quelques gouttes d'une solution de carbonate d'ammoniaque, faire dessécher et reporter à la moufle quelques instants au rouge très sombre. Peser ensuite. On a le carbonate de chaux, qui multiplié par 0,56 et rapporté à 100, donne la chaux totale du calcaire.

Dosage de la magnésie. — Les liquides filtrés de l'opération précédente sont évaporés au bain de sable de manière à réduire leur volume à 70, ou 80 cm³ à peu près, puis refroidis et portés dans un grand verre à pied. On y ajoute environ 20 cm³ de citrate d'ammoniaque.

25 cm³ de solution de phosphate de soude pur à 15 °/₀,

30 cm³ d'ammoniaque pure.

On agite fortement en évitant de toucher les parois du verre avec l'agitateur, ce qui aurait pour effet d'y attacher fortement le précipité.

Le précipité de phosphate ammoniaco-magnésien apparaît par l'agitation très prolongée. S'il y a peu de magnésie, laisser au moins 12 heures en repos. Après quoi on filtre et on lave à l'eau ammoniacale au 1/3 d'ammoniaque,

Puis plaçant l'entonnoir muni du filtre et du précipité sur le verre à pied vide, avec un peu d'acide chlorhydrique à 5 °/₀, on redissout le précipité, qu'on recueille en solution chlorhydrique dans le verre. On lave un peu le filtre, et dans le verre on reprécipite une seconde fois en ajoutant 20 cm³ de citrate d'ammoniaque et de l'ammoniaque en excès. Refroidir, agiter longuement et laisser déposer. On filtre alors par décantation sur filtre sans plis. Le liquide étant décanté, on lave une fois le filtre avec l'eau ammoniacale au 1/3.

On verse de cette même eau un peu dans le verre sur le précipité, on laisse reposer, on décante sur le filtre qu'on lave une fois, etc. : on répète 3 fois cette manipulation.

Finalement on jette le précipité dans le filtre, et on lave le bécher-glass avec un jet de pissette d'eau ammoniacale, en continuant encore un peu le lavage sur le filtre.

On dessèche le filtre placé dans une capsule de platine tarée sur les bords de la moufle. Puis on calcine fortement au rouge vif jusqu'à

Digitized by Google

avoir une petite masse grisâtre. Retirer la capsule et laisser un peu refroidir. A ce moment on humecte avec quelques gouttes d'acide nitrique pur, ou mieux fumant, le précipité, qu'on remet à sécher avec précaution au bord du moufle. Enfin on incinère fortement au rouge vif. La masse devient blanche. On pèse, le poids trouvé multiplié par 0,36 donne la magnésie pour 1 gr. ; on rapporte à 100 gr.

Dosage de l'acide sulfurique. — On prélèvera 100 cm³ de la solution représentant 1 gr. de pierre. On portera à l'ébullition, et on y ajoutera 1 gr. 5 à 2 gr. de chlorure de baryum. On mettra au bain-marie bouillant jusqu'à formation bien nette du précipité. Laisser reposer, filtrer en observant ce que nous avons déjà dit au sujet du précipité de sulfate, puis laver et peser le sulfate de baryte.

Le résultat multiplié par 0,343 et ramené à 100 gr. de pierre donne l'acide sulfurique des sulfates.

Dosage de l'acide carbonique. — Ordinairement, on se contente de calculer le poids d'acide carbonique d'après la quantité de chaux correspondante, ce qui n'est pas tout à fait exact, car la magnésie accompagne la chaux sous la forme de carbonate également. Si on se contente de ce calcul on admet alors que 100 de carbonate de chaux sec contiennent 56 de chaux et 44 d'acide carbonique.

Dosage en poids et dosage en volume. — Un grand nombre d'appareils ont été imaginés pour ces dosages. Ce sont ceux de Fresenius et Will, Mohr, Wurtz, Fritsch, Moride et Bobierre, Gerhard et Chancel, Berzélius et Rose, Geissler, Geissler et Erdmann, Kipp, Schrotter, Scheibler, Salleron, Pellet, Sidersky, etc.

Dosage en poids. — Nous ne parlerons que de l'appareil de Moride et Bobierre dont les autres dérivent plus ou moins.

Il se compose (fig. 322) d'un ballon contenant à peu près 50 cm³, dans le goulot duquel s'adapte un petit bouchon de caoutchouc percé de 2 trous, dans lesquels s'ajustent des tubes 2 fois recourbés, terminés par de petites ampoules allongées verticales, fermées à leur partie supérieure par deux bouchons de caoutchouc. L'un des tubes est effilé et arrive au fond de l'appareil.

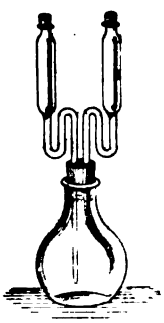


Fig. 322.

On pèse 1 gr. de calcaire bien pulvérisé et on l'introduit dans le ballon avec un peu d'eau. On a mis d'avance dans le réservoir du tube non effilé des petits morceaux de pierre ponce imbi-

Digitized by Google

bés d'acide sulfurique que l'on a chauffés en présence de l'acide dans une capsule de platine jusqu'à ce qu'ils soient légèrement gras d'acide. Puis une fois introduits dans la petite ampoule, on y ajoute quelques gouttes d'acide également porté à l'ébullition pendant quelques minutes. On bouche alors l'ampoule.

Puis, on fait en sorte de faire entrer dans le réservoir ou ampoule du tube effilé, de l'acide azotique, en l'introduisant comme dans une pipette et remplaçant rapidement le doigt, une fois l'appareil rempli, par un bouchon de caoutchouc ; on porte alors cet ensemble sur le ballon et on bouche.

On pèse l'appareil ainsi disposé, et on laisse ensuite tomber goutte à goutte l'acide sur le calcaire en soulevant légèrement le bouchon du réservoir à acide (une disposition commode est celle qui consiste à avoir ce bouchon percé d'un trou, dans lequel passe un petit tube terminé par un bout de caoutchouc et une pince de Mohr, on pressera légèrement sur celle-ci pour laisser tomber doucement l'acide) ; le carbonate de chaux est attaqué et chasse l'air du ballon, puis il se dégage lui-même en passant sur la pierre ponce ou le chlorure de calcium, ce qui empêche toute trace d'humidité de sortir de l'appareil.

Le réservoir du tube effilé une fois vide, on fait passer un courant d'air pour chasser l'acide carbonique restant dans l'appareil. On pèse de nouveau celui-ci et la différence de poids avec la première pesée donne le poids de l'acide carbonique contenu dans 1 gr. de calcaire ; en multipliant ce résultat par 100 et par 2,27, c'est-à-dire par 227, on aura le % de carbonate de chaux de la pierre.

Dosage en volume. — On peut encore doser l'acide carbonique en volume, on se sert alors des appareils soit de Scheibler, soit de Salleron, etc.

Appareil Scheibler. — Il se compose de 3 flacons, d'un mesureur et d'un thermomètre ; l'un de ces flacons renferme la matière à analyser, ainsi qu'un petit tube contenant 10 cm³ d'acide chlorhydrique, il communique avec le flacon n° 2 par 2 tubes en verre, reliés entre eux par un en caoutchouc ; le tube qui arrive dans ce flacon n° 2 est terminé par une vessie et le flacon en question est terminé lui-même par un long tube qui communique avec la partie supérieure du mesureur ; il porte en outre un autre petit tube terminé par un caoutchouc et une pince de Mohr.

Digitized by Google

Le flacon n° 3 communique avec la partie non divisée du mesureur, mais cette communication peut être interceptée au moyen d'une pince ; il est à 2 tubulures, dont l'une porte un bout de tube de verre auquel vient s'adapter un tube en caoutchouc ; ce flacon contient de l'eau.

Voici maintenant comment on doit se servir de cet appareil : Peser 1 gr. 7 du calcaire à analyser et l'introduire dans le flacon n° 1 ainsi que le petit réservoir contenant les 10 cm³ d'acide chlorhydrique ; remplir d'eau les deux tubes du mesureur jusqu'à ce que les niveaux coïncident avec le zéro ; cette opération demande quelques soins ; pour arriver au résultat, on agit de la manière suivante : envoyer de l'air dans le flacon n° 3, soit en soufflant, soit en pressant sur une poire en caoutchouc, jusqu'à ce que le niveau soit un peu au-dessus du zéro ; au moyen de la pince qui intercepte la communication, on affleure exactement ; l'eau en montant a chassé l'air du mesureur qui a comprimé la vessie ; celle-ci, quand l'affleurement est fait, doit être complètement aplatie ; si ce résultat n'est pas obtenu, on y remédie au moyen de la pince que porte le flacon n° 2.

Saisir le flacon n° 1, l'élever tout en l'inclinant pour faire tomber l'acide sur le calcaire, l'attaque de produit alors, l'acide carbonique gonfle la vessie et l'eau baisse dans le tube gradué du mesureur, tandis qu'elle monte dans le tube non gradué ; ouvrir alors la pince qui se trouve entre le mesureur et le flacon n° 3 afin d'avoir toujours le même niveau dans les deux tubes ; quand celui-ci ne varie plus, on lit le volume et la température.

L'acide chlorhydrique absorbant une partie du gaz, il faut ajouter 0°,2 au résultat trouvé.

Scheibler a dressé des tables afin d'éviter les calculs à faire pour cette analyse, l'une donne le poids du volume d'acide carbonique lu, l'autre le °/₀ de carbonate de chaux correspondant à un volume trouvé à une certaine température.

Appareil Salleron et Pellet. — Voici, d'après M. Pellet, la description et l'emploi de l'appareil (fig. 323) :

1° Mettre dans le vase G, une certaine quantité d'eau ordinaire ;

2° Ouvrir les robinets R et P ;

3° Elever le flacon G, de telle sorte que le niveau du liquide, dans les tubes C et B, vienne affleurer le zéro du tube B ;

4° Fermer le robinet P ;

Digitized by Google

5° Mettre 1 gr. 7 de la substance à essayer dans le vase F ;

6° Fermer le flacon F et le robinet R ;

7° Incliner le vase F, de telle sorte que l'acide du tube E se déverse sur la matière.

8° En même temps le niveau de l'eau s'abaisse dans le tube B, et s'élève dans le tube C. On maintient l'équilibre des niveaux en ouvrant légèrement le robinet P; l'eau se rend dans le flacon G.

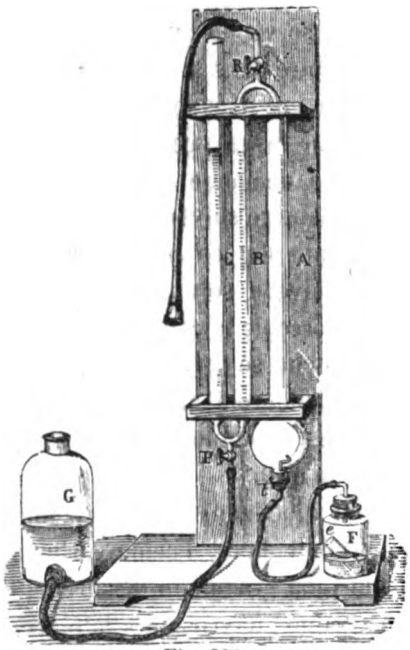


Fig. 323.

9° Quand les niveaux sont les mêmes dans les deux tubes, lire les divisions sur le tube B.

Observations. — 1° On doit tenir compte de l'influence de la température sur la dilatation des gaz. Pour cela, dans beaucoup d'appareils de ce genre on consulte un thermomètre placé sur le bois entre les tubes A et B. Mais le thermomètre n'indique que la température de l'air ambiant. Il est préférable d'avoir un petit thermomètre placé dans le bouchon F. On a ainsi la température du gaz produit.

2° Pour éviter la dissolution du gaz acide carbonique qui pourrait se produire si ce gaz arrivait au contact de l'eau qui remplit les tubes, l'appareil est muni d'un 3e tube terminé par une grosse boule qui emmagasine le gaz dégagé.

M. Salleron a simplifié encore cette disposition et le tube de caoutchouc T se rend directement au tube B. Le tube A et le robinet R, sont ainsi supprimés. Mais l'eau du vase G est remplacée par de la glycérine à 25° qui n'a pas la propriété d'absorber l'acide carbonique et qui de plus ne se congèle pas, ce qui évite la rupture des tubes dans les jours de gelée.

3° La division de ce calcimètre est celle adoptée primitivement par Scheibler (1 division = 0 cm³ 4) ; aussi doit-on opérer sur 1 gr. de substance afin de pouvoir se servir des tables dressées par ce chimiste.

Mais le poids de 1 gr. 7 ne doit être pris que dans le cas où la subs-

Digitized by Google

TABLE XIV *donnant le poids d'acide carbonique d'après son volume* (Scheibler).

Volume lu +0,2	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°
1	0,007412	0,007378	0,007344	0,007310	0,007275	0,007241	0,007206	0,007170	0,006134	0,007098	0,007062	0,007025	0,006987
2	0,014824	0,014756	0,014688	0,014620	0,014551	0,014481	0,014411	0,014310	0,014269	0,014196	0,014123	0,014050	0,013975
3	0,022236	0,022134	0,022032	0,021930	0,021826	0,021722	0,021617	0,021510	0,021403	0,021295	0,021185	0,021074	0,020962
4	0,029648	0,029513	0,029377	0,029240	0,029102	0,028962	0,028822	0,028630	0,028537	0,028393	0,028247	0,028099	0,027950
5	0,037060	0,036891	0,036721	0,036549	0,036377	0,036203	0,036028	0,035851	0,035672	0,035491	0,035309	0,035124	0,034937
6	0,044472	0,044269	0,044065	0,043859	0,043652	0,043444	0,043233	0,043021	0,042806	0,042589	0,042370	0,042149	0,041924
7	0,051884	0,051647	0,051409	0,051169	0,050928	0,050684	0,050439	0,050191	0,049941	0,049688	0,049432	0,049173	0,048912
8	0,059295	0,059025	0,058753	0,058479	0,058203	0,057925	0,057644	0,057361	0,057075	0,056786	0,056494	0,056198	0,055899
9	0,066707	0,064303	0,065789	0,066097	0,065789	0,065165	0,064850	0,064531	0,064209	0,063884	0,063555	0,063223	0,062886
10	0,074119	0,073781	0,073441	0,073099	0,072754	0,072406	0,072055	0,071701	0,071344	0,070982	0,070617	0,070248	0,069874
20	0,14839	0,147563	0,146883	0,146198	0,145508	0,144812	0,144110	0,143402	0,142687	0,141965	0,141234	0,140495	0,139748

Soit lu : 8°7 à 17° centigrades où à 8,7 + 0,2 = 8,9 et acide carbonique = 0,058479 + 0,006578 = 0,065057 et carbonate de chaux = 0,06557 × 2,27 = 0,1476 et en admettant une prise d'essai de 0 gr. 34 carbonate de chaux $^0/_0$ = 43,41.

Digitized by Google

tance contient moins de 25 % de carbonate de chaux. Quand on expérimente sur des écumes, on pèse 0 gr. 85 et on multiplie par 2 le résultat obtenu.

Enfin pour du carbonate de chaux, telle que la pierre à chaux, on prend 0 gr. 34 et on multiplie le résultat par 5.

D'autres appareils sont encore quelquefois mis en usage pour le dosage de l'acide carbonique des calcaires ou du noir animal, ce sont entre autres le gaz-hydromètre de Maumené, le gazogénomètre Cottrait, l'appareil Noël, etc., que nous ne pouvons que mentionner en passant.

Interprétation des résultats analytiques.

1° On calcule la chaux combinée à l'acide sulfurique ; il suffit pour cela de diviser l'acide sulfurique trouvé par 0,59 pour avoir le sulfate de chaux ; d'où la chaux par différence avec l'acide sulfurique.

2° On retranche cette chaux de la chaux totale. Ainsi on a la chaux combinée à l'acide carbonique.

3° On calcule le carbonate de chaux d'après cette quantité de chaux. On sait que 100 de carbonate valent 56 de chaux.

4° On obtient par différence le poids d'acide carbonique combiné à la chaux.

5° On compare ce poids d'acide carbonique combiné à la chaux, avec celui trouvé par l'appareil de Moride et Bobierre.

Si le poids trouvé analytiquement est un peu plus grand que celui trouvé combiné à la chaux, on attribue le surplus à la magnésie, ce qui est un contrôle de l'analyse.

6° On transforme la magnésie en carbonate, en multipliant son poids par le rapport de $\frac{84}{40}$.

7° Enfin on connaît l'humidité.

8° Quelques fois on fait la perte au feu, en chauffant au rouge très sombre 5 gr. de l'échantillon pour laisser intacts les carbonates. Alors on humecte d'un peu de carbonate d'ammoniaque et on reporte au feu. Cette perte au feu correspond à l'humidité plus des matières organiques volatiles possibles, celles de la terre qui parfois souille la pierre.

Analyse de la chaux. — L'échantillon est prélevé, concassé et mis en poudre, etc. Peser rapidement 5 gr. de chaux vive, les introduire dans un ballon de 500 cm³ et ajouter 30 ou 40 cm³ d'eau distillée.

Digitized by Google

Puis y ajouter une solution de sucre pur telle qu'il y ait environ 80 gr. de sucre pour les 5 gr. de chaux, soit 400 cm³ d'une solution à 20 °/₀. de sucre.

Agiter en tournant pour faire dissoudre la chaux. Compléter à 500 cm³ avec de l'eau, mélanger, filtrer. Faire alors l'alcalinité au tournesol, comme s'il s'agissait d'un lait de chaux, avec la liqueur à 35 gr. par litre d'acide SO^4H^2. Chaque centimètre cube de liqueur acide employé vaudra 10 °/₀ de chaux.

Humidité. — Pour doser l'eau on pèsera 2 gr. de chaux qu'on chauffera au rouge pendant quelques instants dans un creuset de platine muni d'un couvercle. On peut chauffer fortement pendant quelques minutes. On rapportera après pesée à 100 gr.

Exemple : Soit trouvé 9 cm³ 2 à la burette et 2,5 °/₀ d'eau : on aura 92 °/₀ de chaux, et la pureté de cette chaux pourra s'exprimer par :

$$\frac{92 \times 100}{100 - 2,5} = 94,3.$$

On peut appliquer à la chaux les dosages de l'analyse minérale dont nous avons parlé pour l'analyse de la pierre. C'est ainsi qu'on peut rechercher la silice, le fer et l'alumine, etc. Mais les proportions des réactifs nécessaires changeront, s'il s'agit par exemple de rechercher la chaux, dans une certaine limite que l'on calculera facilement d'après ce que nous avons dit.

Quant à l'acide carbonique, on en trouvera très peu ou même pas, sauf dans le cas de vieille chaux, déjà carbonatée.

ANALYSE DU COKE ET DU CHARBON

On prélèvera un échantillon moyen en opérant sur de grandes quantités ; pour le coke on pourra procéder comme pour la pierre à chaux.

Pour le charbon on prélèvera une pelletée au sommet d'un wagon, une pelletée au milieu du déchargement, une pelletée à la fin, par exemple, ou différemment selon les cas. En un mot, on prendra les mesures les plus propres à favoriser la confection d'un échantillon moyen, de manière à posséder, par la méthode classique de la division en secteurs opposés éliminés, un échantillon final, rapidement exécuté de 4 à 5 kg. sur lequel on prendra 1 kg. pour déterminer l'humidité.

Digitized by Google

Humidité. — Il convient de distinguer l'humidité proprement dite apportée au charbon par les causes extérieures, pluie, eau de cale de bateau, etc., de l'humidité hygroscopique, c'est-à-dire de l'humidité naturelle du produit, que la dessiccation à l'air et à la température ordinaire ne suffirait pas à séparer du coke ou du charbon,

Par conséquent, pour doser l'humidité proprement dite, il suffira d'étaler sur une feuille de papier, ou même un grand plateau en zinc, 1 kg. exactement pesé de charbon. On le placera alors dans un endroit sec et chaud, tels que le dessus du massif des générateurs, le plancher d'un grenier ou d'un empli bien sec ; ou l'été au soleil, en remuant quelquefois le charbon étalé. Après 3 heures, on fera une pesée, quelques heures après une seconde pesée, etc. ; le charbon est desséché quand deux pesées consécutives concordent à quelques grammes près. C'est là le charbon sec au point de vue industriel, et c'est à ce charbon que l'on doit rapporter tous les essais.

D'autre part, dans une assiette en métal tarée, on pèse 500 gr. de charbon ou de coke, tel que celui que l'on a mis à dessécher sur le plateau naturellement, et on porte à l'étuve à 105° pendant plusieurs heures. On pèse au bout de 3 heures, et successivement de 1/2 heure en 1/2 heure, jusqu'à concordance des pesées. On rapporte à 1 kg. ou à 100 gr. La différence entre cette humidité totale et l'humidité naturelle donne l'eau hygroscopique.

Cette détermination peut être pratiquement omise. L'eau hygroscopique ne varie que très peu pour une même sorte de charbon.

D'après M. J. Izart (Technique Moderne) on peut compter :

Pour les charbons maigres	1,5 %
Pour les charbons gras	2,5 »
Pour le coke	5,0 »

Pratique de l'analyse. — Pour le coke et le charbon nous nous en tiendrons à une manière d'opérer générale, pratique, et nous laisserons de côté les méthodes au chlorate de potasse, celle d'Eschka, celle de Liebig, etc., que l'on trouvera dans tous les traités spéciaux, pas plus que nous ne décrirons la détermination du pouvoir calorifique par l'obus de Mahler, cent fois décrit.

L'appareil de Malher donne la seule mesure exacte du pouvoir calorifique. Mais le matériel très coûteux et la délicatesse des opérations, n'en font pas un procédé d'analyse pour laboratoire industriel. Aussi bien n'existe-t-il à notre connaissance dans aucun laboratoire de

Digitized by Google

sucrerie. Quant aux autres procédés de détermination du pouvoir calorifique, ils ne donnent que des résultats douteux.

Le restant de l'échantillon sera étendu sur une aire plane, broyé en y passant un lourd rouleau de fonte ou autrement ; relevé, mélangé, broyé à nouveau, etc. Finalement on en passera 100 ou 200 gr. dans un moulin, le moulin de ménage dit à café remplit parfaitement le but, on laissera cette poudre étendue à dessécher naturellement, et sur cette partie sèche on dosera, après l'avoir passée au tamis de 100 ou de 120, les matières volatiles, les cendres, le soufre, les matières indosées ou carbone fixe. Ou bien, sur cette même poudre et pour ne pas attendre, on dosera *l'eau* ; pour cela :

1° On en pèsera 5 gr. dans une capsule de platine que l'on fera dessécher à basse température. La différence de poids multipliée par 20 donnera l'eau pour 100.

2° *Matières volatiles.* — S'il s'agit de coke, on pèsera 5 gr. dans une capsule de platine ou un creuset, muni d'un couvercle. On portera au rouge pendant quelques minutes. Laisser refroidir, peser ; rapporter à 100. On aura un chiffre qui, *eau déduite*, donnera les matières volatiles, si on a pesé humide ; et on aura bien entendu les matières volatiles seules si on a pesé sec. Les matières volatiles de certains cokes peuvent être de 0,60 à 0,70.

Si c'est un charbon. — Dans un creuset de platine dit de Arth, ou dans le creuset de Goutal, muni d'une petite cheminée, ou plus simplement à défaut dans un creuset muni d'un couvercle fermant assez bien, on pèsera 2 à 5 gr. de charbon. On portera au chalumeau, ou a défaut dans un bec Bunsen de fort calibre ; on chauffe d'abord légèrement, puis fortement jusqu'à disparition de la flamme éclairante due à la combustion des matières volatiles qui fusent par les bords du couvercle ; à partir de ce moment on chauffe encore 3 minutes (en tout de 7 à 8 minutes).

Laisser refroidir dans l'exsiccateur, peser, etc. Retrancher l'humidité, s'il y a lieu : on a les matières volatiles, les rapporter à 100 gr.

Dosage des cendres. — Dans une capsule de forme basse on pèse 1 à 2 à 3 gr. de charbon. Les capsules plates recommandées par M. Pellet sont de petits plateaux rectangulaires de platine de 5 cm. sur 4 cm. et de 7 mm. de hauteur de bords.

On chauffera progressivement d'abord au bord de la moufle, puis

Digitized by Google

on avancera vers le fond petit à petit et jusqu'à la plus haute température possible. On reconnaîtra la fin de l'opération lorsque toute trace de charbon sera disparue. On pèse. Mais l'opération est-elle terminée ? On s'en rendra compte en versant quelques gouttes d'alcool dans la capsule. S'il reste du charbon, il vient surnager. Alors on évapore l'alcool doucement, et on continue à calciner. On fait une nouvelle pesée. On rapporte le poids de cendres à 100 gr. de charbon.

Dosage du soufre. — On prendra un mélange de 30 gr. de carbonate de soude pur et sec et de 12 gr. de nitrate de potasse cristallisé, le tout bien broyé et mélangé, pour 1 gr. de poudre de coke ou de charbon bien porphyrisée au préalable. On pèsera le gramme de charbon dans un creuset de platine et sur ce gramme on versera le mélange, puis avec un fil de platine on brassera le tout de manière à obtenir un mélange parfait du charbon et du fondant.

A défaut de creuset assez grand, prendre une capsule de platine grande avec couvercle, et peser la moitié des proportions ci-dessus, donc 1/2 gr. de charbon. Chauffer au chalumeau, la masse fuse et se met en fusion ; laisser refroidir en posant la capsule très chaude dans une assiette remplie d'eau froide, sans cependant en faire entrer dans la capsule, ou sur une masse de fer ou de fonte froide. Le mélange refroidi se contracte et se détache des bords de la capsule. Sinon le faire passer en l'épuisant à l'eau bouillante dans une capsule de porcelaine de 125 mm. de diamètre. On lave la capsule de platine ainsi que le couvercle par quelques jets d'eau chaude, on réunit le tout dans la capsule de porcelaine qu'on recouvre d'un entonnoir renversé.

On procède alors à l'attaque par l'acide chlorhydrique pur en opérant exactement comme pour une attaque d'analyse minérale de pierre (voir cette analyse) jusqu'à obtenir un liquide légèrement acide. On porte à l'ébullition, on fait refroidir, on retire l'entonnoir en le lavant, on ajoute une goutte de phénol phtaléine, et on précipite le fer et l'alumine par l'ammoniaque. On filtre, on lave, etc.

Les eaux de lavage et le filtrat réunis sont réduits par ébullition ou évaporation dans le bécherglass où on les a reçus. On ajoute de l'acide chlorhydique pur, jusqu'à une très faible acidité, et on précipite par le chlorure de baryum le soufre qui est à l'état de sulfate.

Digitized by Google

On portera au bain-marie et on observera pour cette précipitation et la filtration tout ce que nous avons déjà dit à ce sujet [1].

Finalement le poids de sulfate de baryte multiplié par 0,137 et rapporté à 100 donnera le poids du soufre.

Remarque. — Comme les produits tels que le carbonate de soude peuvent n'être pas absolument purs et que, d'autre part, dans le chauffage du creuset ils peuvent avoir absorbé un peu de produits sulfureux, on fait une deuxième opération de tous points semblable à la première sauf que l'on n'y met pas de charbon ou de coke. On trouvera à la fin une petite quantité de sulfate de baryte qu'on retiendra. On la déduira de celle trouvée en opérant avec le charbon, ce sera la correction.

On trouve ordinairement de 0,06 à 0,10 pour 1/2 gr. de charbon. Sa présence est due au gaz mal épuré qui en brûlant donne de l'acide *sulfureux*.

Carbone fixe et indosé. — On aura alors, en additionnant : l'eau, les matières volatiles, les cendres, le soufre, et retranchant ce total de 100, les matières indosées et le carbone fixe.

Calcul du pouvoir calorifique. — Le plus simple est de se servir de la formule de M. Lenoble, qui dans la pratique, donne les pouvoirs calorifiques à 200 calories près environ.

Voici cette formule :

$$Q = 87,4\,(100 - K) \text{ calories}$$

dans laquelle K est la somme des cendres et de l'eau hygroscopique.

Pour une houille grasse à 36 % de matières volatiles, à 1,45 d'eau et 5,93 de cendres, ayant donné à la bombe de Malher 8.304 calories, les différentes formules ont donné [2] :

Formules	Calories	% d'erreur
Bunte	7 476	10,0
Ver. deutscher Ingenieure	7 496	9,7
Mahler	7 734	6,9
Goutal	7 880	5,1
Lenoble	8 170	1,7

Dosage de l'acide carbonique dans le gaz du four à chaux. —

[1] Voir vérification de la liqueur sulfurique à 35 gr. par litre.

[2] D'après J. Izart, *Technique industrielle* du 15 avril 1912, n° 8.

Digitized by Google

Le principe de ce dosage est l'absorption de l'acide carbonique par la soude ou la potasse.

Le Dr Stammer se sert d'une éprouvette graduée, aujourd'hui très répandue. Cette éprouvette est divisée en cm³ et 1/2 cm³ de 0 à 50. On la plonge dans un bac à eau, le robinet supérieur étant ouvert ; on adapte sur la tubulure supérieure un tuyau de caoutchouc amenant le gaz à analyser. Le courant gazeux traverse l'éprouvette et, en s'échappant, sature d'acide carbonique l'eau de la cuvette. Après quelque temps, on ferme le robinet, on sépare le tube de caoutchouc de l'éprouvette, et on place l'éprouvette verticalement, en la maintenant à la main, de telle manière que son zéro inférieur corresponde avec le niveau de l'eau extérieure. A ce moment on ouvre le robinet supérieur de l'éprouvette : l'eau monte à l'intérieur au même niveau qu'à l'extérieur, par conséquent, elle s'arrête au zéro. On referme le robinet, on a ainsi emprisonné un volume de 50 cm³ de gaz.

On introduit alors par la partie inférieure et sous l'eau, quelques fragments de potasse, ou mieux 2 ou trois pastilles de potasse. On ferme ensuite l'orifice inférieur avec le pouce, et sortant l'éprouvette de l'eau on agite par retournement. On replace la base de l'éprouvette dans l'eau ; on décolle légèrement le pouce pour permettre une rentrée d'eau équivalente au volume de gaz déjà absorbé ; on agite de nouveau, etc., on continue jusqu'au moment où il n'y a plus absorption de gaz CO^2, ce qui se reconnaît à ce que la rentrée d'eau est nulle. On ouvre l'éprouvette, dont on a replacé la base dans l'eau, en libérant l'orifice inférieur du pouce obturateur et montant ou descendant verticalement l'appareil dans l'eau, on fait en sorte que le niveau extérieur et le niveau intérieur coïncident. On observe alors le volume de gaz restant non absorbé, qui est à la pression normale extérieure du jour, et on déduit la quantité absorbée qui multipliée par 2 donne l'acide carbonique pour °/₀ cm³ de gaz du four.

On peut maintenant doser l'oxygène. Pour cela on prendra de l'acide pyrogallique que l'on fera fondre dans une capsule de platine, à la flamme d'un bec Bunsen. Couler l'acide en fusion sur une pierre plate ou une plaque de marbre, laisser refroidir et concasser la plaquette obtenue en petits fragments pouvant passer par l'orifice inférieur de l'éprouvette de Stammer. On conservera ces morceaux d'acide pyrogallique fondus dans un flacon bien bouché.

Digitized by Google

Pour l'usage, on prendra deux de ces fragments et on les introduira dans le gaz restant de l'éprouvette, avec deux nouvelles pastilles de potasse. On refera la manipulation tout comme s'il s'agissait de doser l'acide carbonique.

On constatera de nouvelles absorptions d'eau. Lorsqu'elles cesseront, on mettra les niveaux d'eau intérieur et extérieur en coïncidence, et on lira le volume de gaz restant. Connaissant le volume déjà absorbé en acide carbonique, on déduira facilement le volume absorbé en oxygène par le pyrogallate de potasse et, quant au volume restant, s'il n'y a pas d'oxyde de carbone, ce sera de l'azote.

Pour vérifier s'il y a de l'oxyde de carbone, on fera barbotter le gaz du four dans un peu de solution de nitrate d'argent acidifié par quelques gouttes d'acide azotique. S'il y a de l'oxyde de carbone, il ne tarde pas à se produire dans la solution un précipité violet noirâtre d'argent. Dès lors, on aura recours à l'appareil d'Orsat pour analyser complètement le gaz [1].

M. H. Pellet a modifié la burette de Stammer, il en a fait le *sulfi-carbonimètre de Pellet.*

La disposition est pareille, mais l'éprouvette est un peu plus grande et de la partie extrême de son orifice inférieur à la clef du robinet supérieur, elle contient un volume de 100 cm^3. La graduation est double, elle est écrite par cm^3 en montant et en descendant. On s'en sert exactement comme de la burette de Stammer, mais on n'a pas à mettre en coïncidence avec le zéro le volume gazeux prélevé en vue d'analyse ; à la condition toutefois de soulever verticalement l'éprouvette jusqu'à ce que les bords de son orifice inférieur affleurent presque le niveau de l'eau dans la cuvette, pour ramener le volume gazeux à la pression extérieure. Bien entendu, il n'y a pas à doubler le volume absorbé cette fois, il est exprimé pour 100 cm^3.

Cet appareil sert encore au dosage de l'acide sulfureux dans le gaz des fours à soufre, tout comme pour le gaz CO^2 et de la même manière.

On a construit en outre une série de carbonimètres, tels que ceux de Raffy, Possoz, Scheibler, Winckler, Wackenroder ; enfin de Sidersky dont la description et le dessin ont été publiés dans la sucrerie belge

(1) On peut aussi introduire dans ce cas du papier à filtre en boulette pressé et maché et imbibé de solution de protochlorure de cuivre acide, et opérer comme dans les 2 premiers dosages.

Digitized by Google

du 15 juillet 1885. Nous regrettons que le manque de place nous empêche de parler de ce dernier appareil.

Analyse des gaz par l'appareil d'Orsat. — Description de l'appareil (fig. 324). Un flacon K communique par une tubulure et un tube de caoutchouc G avec la partie inférieure d'un tube mesureur M enfermé lui-même dans un manchon rempli d'eau permettant d'éviter les variations de température.

Le flacon K contient de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique qui empêche alors ce liquide d'absorber l'acide carbonique. Le haut du mesureur M est relié à une rampe TT' munie d'ajutages à robinet

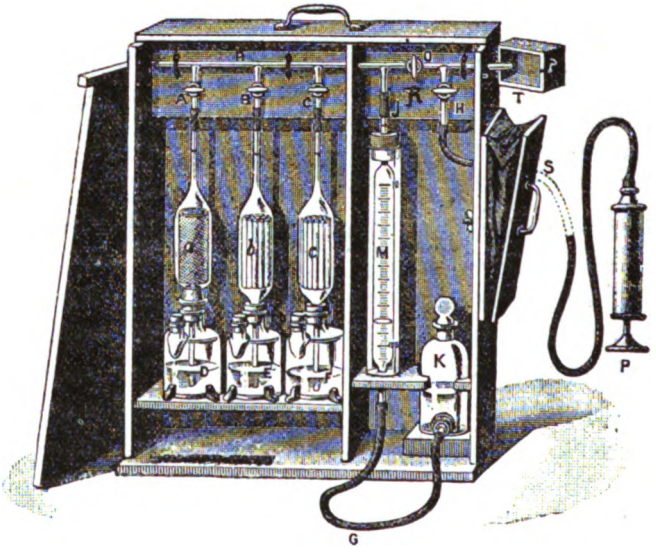


Fig. 324.

A. B. C. qui communiquent avec les laboratoires *a. b. c.* dont les extrémités inférieur, plongent dans les liquides que contiennent les flacons D. E. F.

La rampe TT' porte une autre tubulure à robinet H qui est reliée à un soufflet S, ou à une pompe P, selon les appareils, permettant d'extraire l'air de la conduite.

Dans le laboratoire *a* existe un rouleau de toile de cuivre rouge qui, se dissolvant dans le chlorure d'ammonium, produit du protochlorure de cuivre et régénère ce réactif.

Dans les 2 autres laboratoires *b* et *c* on met des tubes de verre pour augmenter les surfaces d'absorption.

Digitized by Google

Les flacons D. E. F. ont des tubulures fermées de bouchons de caoutchouc en f. e. d., par lesquelles on introduit les réactifs qui sont :

1° Dans le flacon F.

La lessive de soude à 36° Baumé pour absorber l'acide carbonique. Lorsque la réaction devient trop lente dans le flacon F, on remplace le réactif.

2° Dans le flacon E

On met de la dissolution de potasse à 36° Baumé, et on ajoute l'acide pyrogallique au moment de l'opération en proportionnant la quantité au volume à absorber, soit 5 gr. d'acide pour 500 cm³ de solution de potasse.

3° Dans le flacon D

On met une solution de 2/3 de chlorure d'ammonium saturé, et 1/3 d'ammoniaque ordinaire à 22° Baumé, qui en présence de cuivre rouge, le dissout pour former le protochlorure de cuivre ammoniacal.

Voyons maintenant comment on se sert de l'appareil :

Ouvrir R pour mettre T en communication avec l'extérieur, lever K jusqu'à ce que le mesureur soit plein d'eau acidulée, fermer A B et R, ouvrir C, abaisser K jusqu'à ce que le liquide F arrive au trait d'affleurement du laboratoire *c*, fermer C, emplir de nouveau le mesureur comme précédemment et opérer pour les laboratoires *a* et *b* comme pour le laboratoire *c*. Remplir ensuite le mesureur M jusqu'au trait zéro. Cela une fois fait, faire communiquer le soufflet S avec le tube H et aspirer l'air et un peu de gaz contenu dans ce tube ; faire ensuite communiquer au moyen du robinet R le tube TT′ avec la conduite amenant le gaz à analyser.

Laisser passer le gaz, et en abaissant le flacon K, dans lequel il sort en barbottant, laisser le courant gazeux passer par M quelques instants.

Le robinet de H étant fermé, fermer le robinet R, puis replacer le flacon K sur sa tablette à la place qui lui est réservée.

Ouvrant alors R, on voit le niveau liquide s'abaisser dans K, et monter dans M jusqu'à ce qu'ils soient les mêmes et coïncident avec le trait 100 du mesureur (le niveau de mesure du bas).

— On obtient ceci en réglant, avant toute introduction de gaz, les choses de telle manière que ces niveaux coïncident avec le trait 100.

Digitized by Google

Il suffit de mettre dans K une quantité d'eau acidulée *ad hoc*.

Pour continuer notre analyse, lorsqu'une fois ces niveaux coïncideront avec la division 100 du mesureur, ouvrir C et en élevant K faire passer le gaz dans le laboratoire *c* où l'acide carbonique qu'il contient sera absorbé par une solution de potasse ou de soude, laisser revenir le gaz dans le mesureur et fermer le robinet C lorsque la lessive de soude arrive au trait de repère, amener les niveaux en M et en K à être dans le même plan et lire ; on fera bien de faire retourner le gaz une 2e et même une 3e fois dans le laboratoire *c*, enfin autant de fois qu'il faudra pour que tout l'acide carbonique soit absorbé par la soude ; on opérera ensuite avec les laboratoires *b* et *a* comme avec le laboratoire *c* pour les dosages de l'oxygène et de l'oxyde de carbone. Dans le flacon E se trouve une solution de pyrogallate de potasse. Dans le flacon F se trouve, comme nous l'avons dit, du protochlorure de cuivre ammoniacal qui s'obtient ainsi que nous l'avons dit (1).

Calcul de l'azote et de l'air. — 100 moins la somme de tous les gaz obtenus donneront l'azote.

Maintenant, supposons que nous ne connaissions que l'oxygène : on sait que pour 100 d'air 21 d'oxygène correspondent à 79 d'azote ; 1 d'oxygène correspond donc à $\frac{79}{21}$ et m d'oxygène à $\frac{79\ m}{21} = m \times 3{,}76$.

Connaissant l'oxygène, calculons maintenant l'air : 21 d'oxygène correspondant à 100 d'air, 1 d'oxygène à $\frac{100}{21}$ et m d'oxygène à $\frac{100 \times m}{21}$ ou $m \times 4{,}76$ en valeur approchée $m \times 5$.

ANALYSE DES GAZ DES GÉNÉRATEURS

Cette analyse peut être faite également à l'aide de l'appareil d'Orsat que nous venons de décrire.

On se contente encore de doser l'acide carbonique par le sulfi-carbonimètre de Pellet, ou l'éprouvette de Stammer, exactement comme on le ferait pour le gaz du four à chaux.

(1) Avec cet appareil l'analyse ne sera exacte que si le tube T contient avant le commencement de l'analyse un gaz dépourvu d'acide carbonique, d'oxyde de carbone et d'oxygène, ce qui a lieu quand on y laisse le gaz provenant d'un essai précédent ; dans tout autre cas on devra faire un essai à blanc afin de se trouver dans les conditions indiquées.

Digitized by Google

Mais il est un appareil destiné à l'échantillonnage du gaz de générateurs assez pratique : c'est l'appareil de Ridder, qui joint à la pipette de Hempel, permet l'analyse de ces gaz.

Cet appareil consiste essentiellement en un gazomètre qui par disposition spéciale, *aspire*, *filtre* et *emmagasine automatiquement* et d'une façon *continue* le gaz de la combustion de chaque foyer de générateur ou du four à chaux auquel on l'adapte. Il fonctionne pendant 12 heures consécutives, emmagasinant d'une façon continue une partie du gaz au fur et à mesure de sa production. L'échantillon moyen du gaz que l'on prélève ainsi, en 12 heures, est d'environ 12 l.

A la fin de la journée, ou mieux au relèvement de chaque poste d'ouvriers, on fait l'analyse de cet échantillon moyen. Cette analyse peut être faite soit avec l'appareil d'Orsat, soit avec les différents carbonimètres dont il a déjà été parlé.

On obtient ainsi le dosage journalier, rigoureux et moyen des gaz soumis à l'expérience. Il est dès lors possible d'intéresser les chauffeurs à la bonne marche des générateurs, et les ouvriers du four à chaux à la production du gaz riche en acide carbonique, ce qui est bien difficile avec les analyses intermittentes que l'on se borne à faire en sucrerie, quand on les fait !

Mais mieux avec l'appareil Orsat, ou l'appareil Hempel.

L'appareil Hempel (fig. 325) se compose de deux burettes *a* et *b* et d'une pipette P.

Les burettes *a* et *b*, d'une contenance de 100 cm³ chacune, sont remplies à moitié d'eau. La pipette P, contenant des rouleaux de toile métallique pour augmenter la surface d'absorption, est remplie de lessive de potasse à 36° B.

Pour faire l'analyse du gaz, on élève pendant quelques secondes la burette *a* au-dessus du tube *b* (fig. 325) de manière à faire couler l'eau goutte à goutte par le tube capillaire *c*. On établit alors la communication de *c* avec la prise de gaz dans la cloche du gazomètre par la tubulure *K*, et la burette *b* se remplit de gaz, si l'on abaisse pendant quelques secondes la burette *a* au-dessus de *b*, la pince *d* étant desserrée.

Quand *b* est remplie de gaz, on ferme *d* et on supprime la communication entre cette burette et la cloche du gazomètre. Les deux burettes étant placées côte à côte, on amène le niveau de l'eau dans *b*

Digitized by Google

au zéro de la graduation, puis on pince fortement avec les doigts le tuyau de caoutchouc *t* qui relie les deux burettes, et on ouvre la pince *d* pendant une seconde ; l'excès de gaz qui était comprimé s'échappe, et l'on a exactement 100 cm³ de gaz à la pression atmosphérique.

La pipette P est alors placée sur le petit banc R (fig. 325 *bis*), et on établit la communication entre elle et la burette *b*. Si l'on soulève pour un instant la burette *a* au-dessus de *b*, en ouvrant *d*, on fait passer le gaz dans la pipette P ; on ferme *d* quand le niveau de l'eau arrive dans le tube capillaire. Au bout de 2 ou 3 minutes, on aspire le gaz de P dans *b* en abaissant *a* et en ouvrant *d*, jusqu'à ce que la potasse

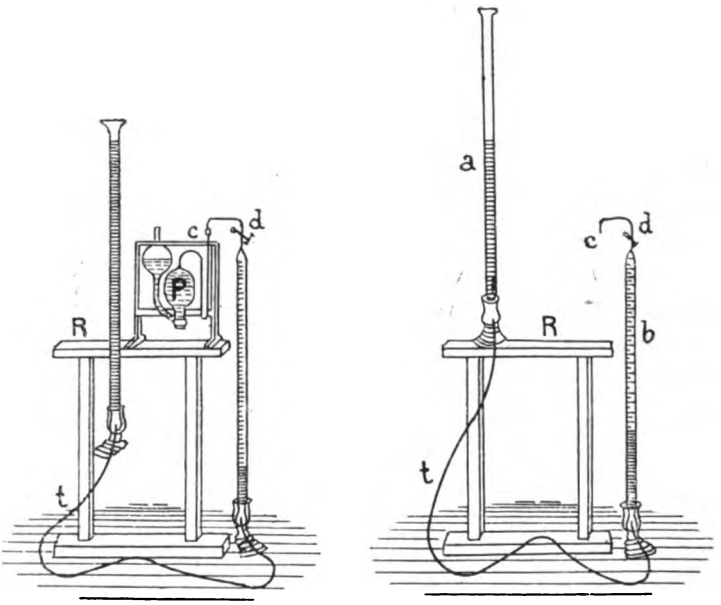


Fig. 325 et 325 *bis*.

ait repassé dans le tuyau de la pipette P. On ferme *d*, et on supprime la communication de *b* avec P.

On amène les deux colonnes d'eau au même niveau et on lit directement sur la burette *b* la quantité d'acide carbonique que contenait le gaz et qui a été absorbé par la potasse.

Quand, avec l'appareil Hempel, on veut doser l'oxygène et l'oxyde de carbone, on a deux autres pipettes P, l'une contenant du pyrogallate de potasse pour l'absorption de l'oxygène, et l'autre contenant une solution de chlorure de cuivre ammoniacal pour l'absorption de l'oxyde de carbone, absolument comme dans l'appareil Orsat.

Digitized by Google

L'appareil de Ridder se compose (fig. 326) d'un récipient A rempli deau et d'une cloche C, plongeant dans l'eau, le tout formant gazomètre. Le contrepoids G soulève la cloche au-dessous de laquelle il se

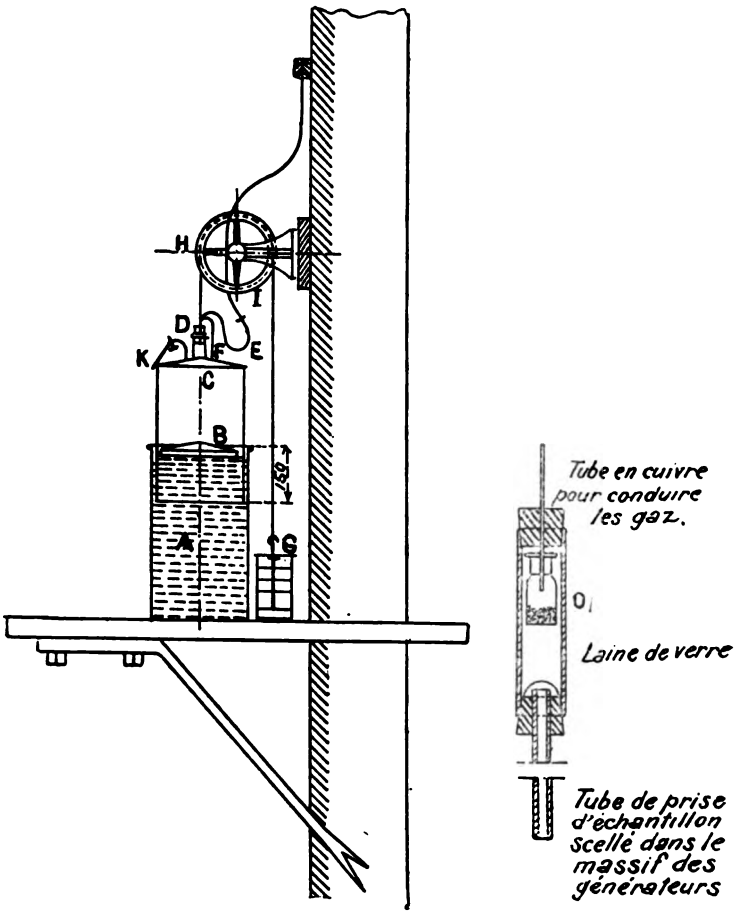


Fig. 326 et 327.

forme un certain vide qui aspire le gaz. Le flotteur en cuivre B a pour but de séparer le gaz de l'eau pour qu'il n'y ait pas dissolution d'acide carbonique. D est un petit flacon d'eau rempli à moitié d'eau dans lequel débouche la conduite E d'arrivée du gaz, laquelle, par le tube F, est reliée avec la cloche C.

Il s'établit le même vide dans la cloche C que dans le flacon D. Les gaz aspirés barbottent dans l'eau de D, ce qui constitue un contrôle du fonctionnement de l'appareil.

Digitized by Google

On règle à volonté l'arrivée du gaz au moyen du tuyau E et de la pince I qui ferme l'extrémité de la conduite venant des générateurs ou du four à chaux. On peut arriver ainsi à ce réglage en chargeant plus ou moins fort le contrepoids G. Cette conduite consiste en un tuyau de cuivre mince se terminant à une extrémité par le gazomètre que je viens de décrire et à l'autre extrémité par un tube en fer percé de trous plongeant de 3/8e dans le carreau du générateur, c'est-à-dire dans le courant du gaz, entre le registre à fumée et la chaudière pour le cas de générateurs, et en un endroit quelconque de la conduite de gaz pour le cas d'un four à chaux. Immédiatement après ce tube en fer est interposé un filtre à suie O (fig. 327) qui sert à épurer et à sécher le gaz. Ce filtre consiste en un manchon de verre rempli de laine de verre destinée à arrêter la suie et toutes matières solides, et un petit flacon contenant du chlorure de calcium desséché pour absorber l'humidité.

Pour procéder à l'analyse du gaz, on enlève les plateaux du contrepoids, la cloche du gazomètre descend par son propre poids et comprime le gaz emmagasiné, qui peut ainsi se rendre dans les appareils d'analyse à l'aide de la tubulure K, qui les relie à ceux-ci au moyen d'un tube en caoutchouc.

L'analyse terminée et la cloche étant vide on ferme la pince K, on remet les plateaux sur le contrepoids G, et l'appareil est prêt à fonctionner de nouveau. Pour s'assurer que tout le gaz est entièrement disparu on enfonce la cloche sous l'eau.

A cet effet et pour aller plus vite, on fera bien de faire souder sur le haut de la cloche un petit robinet à gaz, permettant la vidange rapide de la cloche.

Analyse du gaz. — S'il s'agit du gaz des foyers des générateurs, on se contente de doser l'acide carbonique, car ces gaz ne contiennent pas d'oxyde de carbone, et l'on a l'oxygène par différence. Le dosage peut se faire soit avec le carbonimètre Raffy, soit avec le carbonimètre Stammer.

Les pertes exprimées en calories, selon le taux en acide carbonique et les températures des gaz, sont, en admettant 8.000 calories en moyenne pour le charbon et une richesse théorique de 20,5 % d'acide CO^2 dans les produits de la combustion, exprimées par la formule

$$P = \frac{11,5 \times (T - t) \times 0,23 \times \frac{20,05}{\%\ \text{de}\ CO^2} \times 100}{8000}$$

Digitized by Google

Soit :

$$P = \frac{0{,}68 \times T - t}{\%\ \text{de}\ CO^2}$$

T étant la température des gaz des générateurs dans les carneaux et t^o la température de l'air atmosphérique.

Exemple soit : T = 370, t = 15, et le % de CO^2 de l'analyse = 6 ; on a :

$$P = \frac{0{,}68 \times 355}{6} = 40{,}2\ \%\ \text{de perte.}$$

Admettons que la même usine arrive à avoir :

$$T = 300 \quad t = 15 \quad \text{et}\ \%\ \text{de}\ CO^2 = 11$$

$$P = \frac{0.68 \times 285}{12} = 16{,}15\ \%\ \text{de perte}$$

de charbon exprimée en calories.

La table qui suit (table 15) indique les pertes en charbon selon les proportions d'acide carbonique dans les gaz de la combustion et selon les températures [1].

TABLE XV. — *Sur les pertes en charbons*

Température des gaz.	5 %	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %	11 %	12 %	13 %	14 %	15 % CO^2
200° C.	27²	22⁶	19⁴	17	15¹	13⁶	12⁴	11³	10⁵	10	9,6 %
250° C.	34	28³	24³	21²	18⁸	17	15⁵	14²	13	12	11³ %
300° C.	40⁸	34	29	25⁵	22⁶	20⁴	18⁶	17	15⁷	14⁵	13³ %
350° C.	47⁶	39⁶	34	27²	26⁴	23⁸	21⁶	19⁸	18	17	15⁸ %
400° C.	54⁴	45²	35⁵	34	30²	27²	27⁷	22⁷	21	19⁴	18 %

pour charbons de qualité moyenne de 7.500 à 8.000 calories.

[1] Ces renseignements sont extraits du rapport de M. F. Dupont présenté au congrès du syndicat des fabricants de sucre de France le 27 mai 1898.

Digitized by Google

CHAPITRE XI

—

ANALYSE DES SUCRES BLANCS ET ROUX DOSAGE DES SUCRES RÉDUCTEURS RECHERCHE DU SUCRE DANS LES EAUX DE RETOUR PAR L'α-NAPTHOL DE L'INVERSION

ANALYSE DES SUCRES BLANCS ET ROUX

1° *Analyse commerciale. Polarisation.* — Peser une fois le poids normal, les faire passer dans un ballon de 100 cm³ avec un peu d'eau chaude (ou peser 2 fois le poids normal dans 200 cm³). Faire dissoudre jusqu'à ce qu'il n'y ait plus trace de cristaux de sucre en faisant tournoyer le liquide dans le ballon, évitant les projections au dehors du ballon, ajouter du sous-acétate en quantité suffisante, c'est-à-dire jusqu'à obtention d'un précipité cailleboté se déposant rapidement, faire refroidir, jauger au trait de jauge avec l'eau froide ordinaire ; agiter, filtrer, lire au polarimètre au tube de 200 mm. ; le résultat lu est celui cherché.

2° *Cendres et Humidité.* — Peser 5 gr. dans une capsule tarée à 5 gr. 700, et porter à l'étuve réglée à 105°-110° (ne pas dépasser 110°) pendant une heure 1/2. Peser, à ce moment la dessiccation est accomplie. On peut s'en assurer en remettant à l'étuve et repesant après 1/2 heure de nouvelle dessiccation. La perte de poids représente l'eau évaporée pour 5 gr. On la rapporte à 100 gr. A cause de la double pesée, la perte de poids en Eau se traduit par une augmentation des poids à placer sur le plateau à côté de la capsule.

Digitized by Google

Exemple : tare 5,700 ; pesée après dessiccation 5 gr. 810 ; différence 0,110, d'où eau pour 100 gr. :

$$0{,}110 \times 20 = 2{,}20. \text{ (1)}$$

Cendres. — Dans la capsule, on ajoute alors 1 à 1,5 cm³ d'acide sulfurique ; on incinère sur le bec Bunsen, puis on porte à la moufle, en prenant les précautions déjà dites à ce sujet. Lorsqu'il n'y a plus trace de charbon de sucre, on pèse et on retranche le dixième du poids trouvé. On a les cendres pour 5 gr., on les rapporte à 100 gr.

Exemple : tare 5,700 après incinération, soit 5 gr. 640 ; différence 0,060, à retrancher 0,006 ; il reste 0,054 et 0,054 × 20 = 1,08 de cendres.

Rendement 4 et 2. — Il s'obtient en multipliant les cendres par 4, puis en ajoutant au produit 2 fois la valeur de la glucose s'il y en a ; et soustrayant le tout du sucre polarimétrique.

Exemple. Analyse :

Sucre	94,10
Glucoses	0,04
Cendres	2,20
Eau	1,08
Matères organiques	2,58
	100,00

Rendement 4/2 = 1,08 × 4 = 4,32, à ce chiffre ajoutons 2 × 0,04 = 0,08, ce qui donne 4,40 ; et 94,10 — 4,40 = 89,70 qui est le rendement 4/2.

Pour obtenir le rendement en raffiné, on prend le rendement 4/2 la fraction déduite, soit 89. On multiplie ce chiffre par 1,5, soit 89 × 1,5 = 1,33 ; on soustrait le produit de cette multiplication du chiffre du rendement 4/2, moins la fraction :

$$89 - 1{,}33 = 87{,}67 \text{ rendement en raffiné.}$$

Dosage de la glucose. — On le fait sur le liquide qui a servi au dosage du sucre par le polarimètre, en opérant sur 1/2 cm³ de liqueur de Fehling, ou 1 cm³ ou 2 cm³ suivant ce que l'on suppose exister en sucre incristallisable.

(1) En réalité, comme le sucre pesé dans la capsule remplace le poids de 5 grammes, avant dessication, l'équilibre était établi par la tare d'un côté, et de l'autre côté par la capsule plus le sucre pesé avec 0 gr. 700 placés à côté de la capsule. Après dessication, on a dû mettre 0 gr. 810, et la différence entre ces 2 poids et l'eau évaporée pour 5 grammes.

Digitized by Google

On opère exactement comme pour le jus de betteraves.

Si l'on doute de la fin de la réaction on fera, ainsi que nous l'indiquons plus loin, un essai par le ferro-cyannure de potassium acidulée d'un peu d'acide acétique.

Le calcul est le suivant :

Supposons que l'on ait trouvé λ de liqueur sucrée employée pour réduire 1 cm³ de bleu de Fehling.

On rapportera toujours λ à 10 cm³ de liqueur de Fehling.

Soit ici :

$$\lambda \times 10 = n \text{ cm}^3.$$

Alors, on sait que n cm³ de liqueur sucrée contiennent

$$\left(\frac{n \times \text{Poids normal}}{100}\right) \text{ de sucre.}$$

Et par suite :

$$\left(\frac{n \times \text{Poids normal}}{100}\right) x \text{ de glucose.}$$

Or :

$$\left(\frac{n \times \text{Poids normal}}{100}\right) x$$

réduit le cuivre de 10 cm³ de liqueur de Fehling au titre T.

Donc :

$$\frac{(n \times \text{Poids normal})\, x}{100} = \text{T};$$

d'où

$$n \times \text{Poids normal})\, x = 100\ \text{T}$$

et

$$x = \frac{100 \times \text{T}}{n \times \text{Poids normal}}$$

$$x = \frac{100 \times \text{T}}{\text{Poids normal}} \times \frac{1}{n}$$

En posant

$$\frac{100 \times \text{T}}{\text{Poids normal}} = \text{K}$$

on a :

$$x = \text{K} \times \frac{1}{n} = \frac{\text{K}}{n}.$$

La constante K peut se calculer une fois pour toutes pour une liqueur à un titre donné, et pour le saccharimètre ou polarimètre dont on fait usage — on calcule ainsi une table. Ce calcul s'applique encore, comme on le voit, à tout dosage de glucose fait sur une liqueur représentant en dissolution le poids normal dans 100 cm³ ou n fois ce même poids dans n fois cm³ d'eau.

Digitized by Google

Donc, il servira dans l'analyse générale.

Remarque. — On peut toujours précipiter l'excès de plomb soit par une solution au 1/10e de carbonate de soude, ou de sulfate de soude. Dans ce cas la liqueur sucrée est étendue de son volume V à un volume nouveau V' qui est de $\frac{V}{10}$ plus grand que V

$$V' = V + \frac{V}{10}$$

et dès lors, le chiffre employé en liqueur sucrée à la burette sera augmenté de son propre dixième, ainsi qu'il est expliqué à l'analyse des Vesous (dosage de la glucose).

Analyse des sucres roux par la méthode de la Régie Française. — Dans la méthode commerciale on opère sur un échantillon de sucre moyen. Mais, il y a dans les sucres bruts des impuretés qui peuvent se retrouver dans les cendres, et fausser leur dosage relativement à la quantité réelle de cendres afférente au sucre brut seul. La prise d'essai, à cause des cristaux de sucres agglomérés parfois en grumeaux plus ou moins chargés de mélasse, peut être également plus ou moins exacte.

Pour ces raisons, MM. A. Riche et Ch. Bardy ont établi dès 1876, une méthode qui est adoptée dans les laboratoires de la Régie et aussi par les commissaires-experts du Ministère du Commerce.

La méthode consiste à faire une dissolution sur laquelle on prélèvera par des volumes mesurés ce qu'il est nécessaire de prélever pour chaque dosage à effectuer.

On pèse donc 81 gr. 45 de sucre par la double pesée. Soit cinq fois la prise d'essai de 16 gr. 29. On fait dissoudre à froid dans environ 180 cm³ d'eau distillée, on laisse reposer. On décante alors dans un ballon de 250 cm³ jaugé. On lave de quatre à cinq fois le 1er vase, en ayant soin de laisser reposer chaque fois, afin de ne pas décanter le dépôt ; on complète à 250 cm³ avec de l'eau, et on agite le ballon de 250 cm³ par retournement. A ce moment laisser en repos pendant 1/4 d'heure.

Puis, prélever 50 cm³ de la solution qui représentent 16 gr. 29 de sucre (avec un petit ballon de 50 cm³) et faire passer dans un ballon de 100 cm³, ajouter du sous-acétate de plomb ; jauger à 100 cm³ ; on agite, filtre et polarise en tube de 200 mm., le degré lu est le résultat cherché.

Digitized by Google

Sur le liquide filtré, on recherche ou dose l'incristallisable, comme pour l'analyse commerciale.

Pour obtenir les cendres, on filtre le reste de la liqueur ou solution de sucre, au moyen d'un entonnoir couvert, afin d'éviter l'évaporation. Puis, avec une pipette spéciale, munie d'un robinet en verre qui permet de produire un écoulement régulier et de même vitesse, on prélève 12 cm³ 277 représentant 4 gr. de sucre, que l'on place dans une capsule de platine tarée.

On ajoute 1 cm³ d'acide sulfurique, et on porte à l'étuve réglée à 130° C.

Au bout de deux heures environ, la masse boursouflée et noircie est sèche, on la porte à la moufle pour incinérer en prenant les précautions que nous avons indiquées.

S'il y avait une forte proportion de chaux dans le sucre, on l'éliminerait par l'oxalate d'ammoniaque. On reconnaît la chaux au précipité qu'elle forme lorsqu'on fait passer dans une solution un courant d'acide carbonique. Une forte quantité de chaux fausserait la polarisation et augmenterait le poids des cendres.

DU DOSAGE DES GLUCOSES OU SUCRES RÉDUCTEURS, PAR LES PROCÉDÉS GRAVIMÉTRIQUES

Les travaux de Soxhlet ont prouvé, et ces résultats ont été confirmés par Maerker, Allihn, Meissl et Herzfeld, que 1 molécule de glucose ne réduit pas toujours 10 molécules de cuivre.

1° Autrement dit : la quantité de cuivre précipité par une certaine quantité de glucose est variable, selon l'état de la dilution de la liqueur de Fehling qui sert de base à l'opération. C'est ainsi que pour la liqueur non étendue d'eau, la réduction est de 1 à 10,1 molécules.

Pour la liqueur étendue de son volume d'eau, la réduction est de 1 à 9,9 molécules. A deux volumes d'eau, la réduction est de 1 à 9,8 molécules. Enfin à 3 ou 4 volumes d'eau la réduction est de 1 à 9,7 molécules.

2° Si la réaction s'opère en présence d'un grand excès de liqueur de Fehling, la proportion de cuivre réduit augmente de 0,65 à 0,75 mocules en plus.

Quand on ajoute à la liqueur cuivrique la liqueur sucrée par pe-

Digitized by Google

tites quantités à la fois, les premières quantités ajoutées précipitent plus de cuivre que les quantités qui suivent.

3° La réduction dépend de la durée du chauffage, et le temps d'ébullition nécessaire pour une réduction complète n'est pas le même pour les différents sucres.

4° La réduction change selon la concentration de la liqueur sucrée.

5° Pour arriver à une réduction constante, il faut que la solution ne contienne pas plus de 0,5 à 1 % de sucre réducteur. Enfin les divers sucres réducteurs n'ont pas le même pouvoir de réduction.

Si l'on joint à tout cela la difficulté d'observer d'une manière précise la fin de la réaction dans le dosage par la méthode volumétrique, lorsque l'on n'est pas très exercé, et même encore lorsque le liquide sucré est fortement coloré, on voit, sans parler des autres causes d'erreurs et de difficultés (telles que l'emploi de trop fortes quantités de sous-acétate de plomb et la présence même de ce sous-acétate), on voit, dis-je, l'aridité du problème à résoudre.

On a bien proposé plusieurs moyens de reconnaître la fin de la réaction, en recherchant le cuivre dans le liquide qui surnage le précipité. Un des plus usités est le suivant. On prépare sur une assiette en porcelaine blanche des taches formées de larges gouttes d'une solution de ferro-cyanure de potassium acidulée par un peu d'acide acétique. On touche ces gouttes avec un agitateur mouillé de quelques gouttes du liquide surnageant le précipité d'oxydule rouge de cuivre dans le tube à essais. S'il se produit au contact une coloration brune, c'est que tout le cuivre n'est pas encore précipité, et il y a lieu de continuer l'opération.

Malgré cela, le procédé volumétrique n'a pas la certitude d'un procédé gravimétrique, que divers auteurs ont cherché à réaliser. Nous ne décrirons pas le procédé de Soxhlet, il est en réalité plutôt du domaine du laboratoire scientifique que du laboratoire industriel.

Mais M. Gabriel Bertrand a indiqué un procédé mixte dont nous allons parler, parce qu'on peut l'employer assez facilement. On emploie les liqueurs de Soxhlet, que l'on mélange au moment de s'en servir, mais en modifiant leurs proportions comme suit :

a) *Liqueur cuivrique*

Sulfate de cuivre pur	40 grammes
Eau distillée, quantité suffisante pour faire . . .	1 litre.

Digitized by Google

b) *Liqueur alcaline*

Sel de seignette	200 grammes
Soude caustique en plaques	150 »
Eau distillée, q. s. pour faire	1 litre

En outre on fera :

c) *Une liqueur ferrique*

Sulfate ferrique	50 grammes
Acide sulfurique	200 »
Eau distillée, q. s. pour faire	1 litre

d) *Une liqueur permanganique*

Permanganate de potassium	5 grammes
Eau distillée, q. s. pour faire	1 litre

La liqueur ferrique ne doit pas réduire le permanganate de potasse. On ajoute avec précaution de la liqueur de permanganate dans la liqueur ferrique, un faible changement de coloration apparaîtra après quelques gouttes ; si cela ne se produit pas, on verse du permanganate jusqu'à ce que le résultat soit atteint. La liqueur ferrique est devenue bonne à l'usage que l'on lui destine.

Pour doser les réducteurs on opère comme suit :

Dans une fiole conique d'Erlenmeyer, de 125 à 150 cm³, on verse 20 cm³ de solution sucrée, de telle sorte que les 20 cm³ ne contiennent pas plus de 100 mgr. de sucre réducteurs. S'ils contiennent entre 10 et 90 mgr. les résultats seront les meilleurs.

Si les 20 cm³ contiennent plus de 100 mgr. de sucres réducteurs, on dilue le liquide de manière à ramener à cette proportion, ou si enfin il faut prendre moins de 20 cm³ pour avoir de 90 à 100 mgr., on ajoutera un peu d'eau versée directement dans la fiole conique, car il est important que le volume total des liquides à verser dans cette fiole soit constant.

On ajoutera ensuite aux 20 cm³ de solution sucrée 20 cm³ de la liqueur cuivrique *a* et 20 cm³ de la liqueur alcaline *b* mélangés ; et on porte à l'ébullition modérée pendant exactement 3 minutes, puis on retire la fiole du feu, on laisse déposer un instant, et on filtre à travers un filtre d'amiante préparé à l'avance (fig. 328) en décantant le liquide surnageant le précipité d'oxydule dans la fiole. Ce filtre est monté sur une fiole à tubulure en verre épais, dans laquelle, pour aider à la filtration, on fait le vide par une trompe ou tout autre moyen.

Digitized by Google

Mais il faut procéder par lavages et décantation successifs du précipité d'oxydule de cuivre qui reste au fond de la fiole d'Erlenmeyer et non pas verser ce précipité sur le filtre d'amiante qu'il empâterait. C'est ainsi que le filtre ne doit servir qu'à retenir les plus fines parcelles du précipité qui peuvent passer avec les eaux de lavage dudit précipité lavé dans la fiole, et lorsqu'on décante ces eaux sur le filtre seulement.

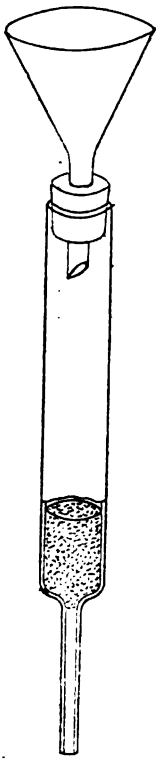


Fig. 328.

Le lavage effectué, il faut doser ce cuivre réduit. Dans la fiole on ajoute sur le précipité de la liqueur ferrique *c* peu à peu, en remuant, soit 5 cm³, 10 cm³, 15 cm³, 20 cm³, etc. Le précipité passe du rouge vif au bleu noir, et finalement se dissout en donnant une solution limpide d'un beau vert d'eau.

La dissolution effectuée, on la verse sur le filtre d'amiante, afin que par son passage, elle dissolve la petite quantité d'oxydule qui est sur le filtre. Lorsque tout est dissous, on lave la fiole d'Erlenmeyer et le filtre à l'eau distillée, et sur tout le liquide réuni dans la fiole à filtration par le vide, on titre par le permanganate, comme à l'ordinaire pour un dosage de fer. La couleur passe du vert au rose lorsque le tirage est terminé. On multiplie alors le titre en fer de la solution de permanganate par le rapport :

$$\frac{63,6}{55,9} = 1,1377$$

pour avoir le taux de cuivre.

La table XVI qui suit donne la correspondance entre les poids de cuivre et ceux des sucres réducteurs.

En effet, l'oxydule de cuivre traité par une solution acide de sulfate ferrique s'est dissous à l'état de sulfate de cuivre, tandis qu'une quantité correspondante de sel ferrique passait à l'état de sel ferreux selon la réaction :

$$Cu + (SO^4)^3Fe^2 + SO^4H^2 = 2\,SO^4Cu + H^2O + 2\,SO^4Fe.$$

Voici maintenant une autre méthode, encore moins compliquée préconisée par M. H. Pellet.

Digitized by Google

TABLE XVI. — *Correspondance entre les poids de cuivre et ceux des sucres réducteurs.*

Milligrammes de sucre	Milligrammes de cuivre correspondant à				
	Sucre inverti	Dextrose	Galactose	Maltose	Lactose
10	20,6	20,4	19,3	11,2	14,4
11	22,6	22,4	21,2	12,3	15,8
12	24,6	24,3	23,0	13,4	17,2
13	26,5	26,3	24,9	14,5	18,6
14	28,5	28,3	26,7	15,6	20,0
15	30,5	30,2	28,6	16,7	21,4
16	32,5	32,2	30,5	17,8	22,8
17	34,5	34,2	32,3	18,9	24,2
18	36,4	36,2	34,2	20,0	25,6
19	38,4	38,1	36,0	21,1	27,0
20	40,4	40,1	37,9	22,2	28,4
21	42,3	42,0	39,7	23,3	29,8
22	44,2	43,9	41,6	24,4	31,1
23	46,1	45,8	43,4	25,5	32,5
24	48,0	47,7	45,2	26,6	33,9
25	49,8	49,6	47,0	27,7	35,2
26	51,7	51,5	48,9	28,9	36,6
27	53,6	53,4	50,7	30,0	38,0
28	55,5	55,3	52,5	31,1	39,4
29	57,4	57,2	54,4	32,2	40,7
30	59,3	59,1	56,2	33,3	42,1
31	61,1	60,9	58,0	34,4	43,4
32	63,0	62,8	59,7	35,5	44,8
33	64,8	64,6	61,5	36,5	46,1
34	66,7	66,5	63,3	37,6	47,4
35	68,5	68,3	65,0	38,7	48,7
36	70,3	70,1	66,8	39,8	50,1
37	72,2	72,0	68,6	40,9	51,4
38	74,0	73,8	70,4	41,9	52,7
39	75,9	75,7	72,1	43,0	54,1
40	77,7	77,5	73,9	44,1	55,4
41	79,5	79,3	75,6	45,2	56,7
42	81,2	81,1	77,4	46,3	58,0
43	83,0	82,9	79,1	47,4	59,3
44	84,8	84,7	80,8	48,5	60,6
45	86,5	86,0	82,5	49,5	61,9
46	88,3	88,2	84,3	50,6	63,3
47	90,1	90,0	86,0	51,7	64,6
48	91,9	91,8	87,7	52,8	65,9
49	93,6	93,6	89,5	53,9	67,2
50	95,4	95,4	91,2	55,0	68,5
51	97,1	97,1	92,9	56,1	69,8
52	98,8	98,9	94,6	57,1	71,1
53	100,6	100,6	96,3	58,2	72,4
54	102,2	102,3	98,0	59,3	73,7
55	104,0	104,1	97,7	60,3	74,9
56	105,7	105,8	101,5	61,4	76,2

Digitized by Google

TABLE XVI. — *Correspondance entre les poids de cuivre et ceux des sucres réducteurs (suite et fin).*

Milligrammes de sucre	Milligrammes de cuivre correspondant à				
	Sucre inverti	Dextrose	Galactose	Maltose	Lactose
57	107,4	107,6	103,2	62,5	77,5
58	109,2	109,3	104,9	63,5	78,8
59	110,9	111,1	106,6	64,6	80,1
60	112,6	112,8	108,3	65,7	81,4
61	114,3	114,5	110,0	66,8	82,7
62	115,9	116,2	111,6	67,9	83,9
63	117,6	117,9	113,3	68,9	85,2
64	119,2	119,6	115,0	70,0	86,5
65	120,9	121,3	116,6	71,1	87,7
66	122,6	123,0	118,3	72,2	89,9
67	124,2	124,7	120,0	73,3	90,3
68	125,9	126,4	121,7	74,3	91,6
69	127,5	128,1	123,3	75,4	92,8
70	129,2	129,8	125,0	76,5	94,1
71	130,8	131,4	126,6	77,6	95,4
72	132,4	133,1	128,3	78,6	96,9
73	134,0	134,7	130,0	79,7	98,0
74	135,6	136,3	131,5	80,8	99,1
75	137,2	137,9	133,1	81,8	100,4
76	138,9	139,6	134,8	82,9	101,7
77	140,5	141,2	136,4	84,0	102,9
78	142,1	142,8	138,0	85,1	104,2
79	143,7	144,5	139,7	86,1	105,4
80	145,3	146,1	141,3	87,2	106,7
81	146,9	147,7	142,9	88,3	107,9
82	148,5	149,3	144,6	89,4	109,2
83	150,0	150,9	146,2	90,4	110,4
84	151,6	152,5	147,8	91,5	111,7
85	153,2	154,0	149,4	92,6	112,9
86	154,8	155,6	151,1	93,7	114,1
87	156,4	157,2	152,7	94,8	115,4
88	157,9	158,8	154,3	95,8	116,6
89	159,5	160,4	156,0	96,9	117,9
90	161,1	162,0	157,6	98,0	119,1
91	162,6	163,6	159,2	99,0	120,3
92	164,2	165,2	160,8	100,1	121,6
93	165,7	166,7	162,4	101,1	122,8
94	167,3	168,3	164,0	102,2	124,0
95	168,3	169,3	165,6	103,2	125,2
96	170,3	171,5	167,2	104,2	126,5
97	171,9	173,1	168,8	105,3	127,7
98	173,4	174,6	170,4	106,3	128,9
99	175,0	176,2	172,0	107,4	130,2
100	176,5	177,8	173,6	108,4	131,4

NOTA. — Cette table est la réunion due à M. D. Scyderaky de plusieurs tables calculées par M. G. Bertrand.

Digitized by Google

Comme dans la méthode de M. Gabriel Bertrand, il faut faire en sorte que la quantité de liqueur sucrée prise comme essai, ne contienne pas plus de 100 mgr. de sucres réducteurs ; en outre, il faut faire en sorte que le volume total des liquides réunis fassent 100 cm³, donc 50 cm³ de liqueur de Fehling seront mis en présence de la liqueur sucrée. Bien que nous ne parlions que du cas d'un sirop, la méthode est applicable à toutes solutions, et en particulier à celles de l'analyse générale à 6PN dont on prendra des volumes correspondants à 10, 15 ou 20 grammes.

Méthode gravimétique. — Dosage des réducteurs dans le sirop. — Peser 10 gr. de sirop dans un petit bécherglass taré, y ajouter 40 cm³ d'eau distillée et 50 cm³ de liqueur de Fehling fraîchement préparée, chauffer au bain-marie bouillant jusqu'à ce que la température intérieure du liquide ait atteint 86°-88° C. A partir de ce moment, on continue à chauffer encore 5 minutes, mais en ayant soin de ne pas monter en température au delà de 90-92. Il faut que le niveau de l'eau du bain-marie dépasse un peu le niveau du liquide dans le bécherglass. Retirer du bain-marie, ajouter aussitôt 100 cm³ d'eau froide pour abaisser la température, mélanger avec un agitateur, et filtrer sur filtre à analyse sans plis et sans cendres, mouillé à l'avance. Laver le précipité sur le filtre jusqu'à ce que le liquide filtré ne soit plus alcalin.

Calciner alors le filtre au moufle bien rouge dans une capsule de platine tarée, et peser. Reporter à la moufle ; calciner à nouveau fortement et peser ; les 2 poids doivent coïncider. Comme le filtre a absorbé de la liqueur de Fehling et que malgré les lavages il en est resté dans la pâte du papier, il y a lieu de faire de ce chef une correction.

Pour cela, on recueille le liquide filtré de l'opération, mais avant tout lavage, c'est-à-dire avant qu'il soit dilué par les eaux de lavage, et on le fait passer sur un filtre mouillé d'avance analogue à celui qui a servi à retenir le précipité. On lave ce filtre témoin à l'eau bouillante, comme il a été dit, jusqu'à ce que le liquide filtré ne soit plus alcalin, on incinère alors le filtre, on pèse. Supposons que l'on ait trouvé cette fois 0 gr. 005 : on retranchera ce poids du poids du précipité incinéré trouvé dans la 1re opération, et cette correction effectuée, on multipliera le poids de l'oxyde noir de cuivre ainsi trouvé par 0,453. On aura ainsi les réducteurs.

Digitized by Google

Le chiffre 0,453 dépend du titre de la liqueur de Fehling ou, si l'on veut, de sa richesse en cuivre.

Pour le vérifier on opère sur 20 cm³ de liqueur de Fehling. On prend d'autre part 10 cm³ de la liqueur de glucose type obtenue en faisant invertir 4 gr. 75 de sucre raffiné pur (on peut prendre 4,76 de raffiné ordinaire) avec un peu d'acide sulfurique dans 500 cm³ d'eau, ainsi que nous l'avons déjà expliqué lors de la vérification du titre de la liqueur de Fehling. On dilue dans moitié d'eau distillée ces 10 cm³ de liqueur de glucose. On a ainsi 20 cm³ d'un liquide contenant 0 gr. 100 de sucres réducteurs.

On mélange les 20 cm³ de Fehling avec les 20 cm³ de liqueur type de glucose dédoublée, on y ajoute 10 cm³ d'eau distillée, le tout dans un petit bécherglass, on porte au bain-marie à 86-88° C. de température intérieure du liquide dans le bécherglass comme nous l'avons dit plus haut. Finalement on ajoute 60 à 100 cm³ d'eau distillée pour refroidir rapidement dès la sortie du bain-marie.

On filtre sur filtre mouillé préparé à l'avance, on lave jusqu'à disparition de l'alcalinité dans les eaux de lavage, on incinère, etc., on pèse. On a le poids de l'oxyde de cuivre. Etant donné l'épuisement complet de la liqueur de Fehling par la précipitation du cuivre due aux sucres réducteurs, il n'y a pas cette fois à tenir compte de la correction du filtre.

Soit P le poids de l'oxyde de cuivre. On doit avoir :

$$P \times x = 0{,}100 \; ; \qquad \text{d'où} \qquad x = \frac{0{,}100}{P}$$

ou, en chiffres : soit trouvé 0,221.

On a : $$\frac{0{,}100}{0{,}221} = 0{,}453.$$

DE L'INVERSION

Lorsqu'on analyse par la méthode polarimétrique un liquide sucré, la déviation à droite ne représente le chiffre réel du sucre cherché que si la solution soumise à l'examen optique ne renferme pas d'autres sucres que le sucre de canne ou saccharose ; tel est le cas pour les sucres bruts de betteraves.

Mais il n'en est pas de même, lorsque la solution contient en plus soit des sucres déviant à droite le plan de polarisation, comme la

Digitized by Google

glucose, soit des sucres déviant à gauche, ce même plan de polarisarisation, comme la lévulose ; ou encore lorsque ces sucres se trouvent mélangés en proportions plus ou moins fortes. C'est le cas de la plupart des bas-produits d'usine appelés Mélasses.

Pour rechercher le titre exact en saccharose, il convient dès lors d'appliquer la méthode de l'inversion optique, due à Clerget et perfectionnée par Casamajor, Herzfeld, Creydt, Courtonne, Lindet, etc.

Le principe de la méthode est que si l'on chauffe une solution de sucre cristallisable en présence d'acide chlorhydrique, le sucre de canne se transforme en sucre inverti, qui est un mélange de dextrose et de lévulose en parties égales :

$$C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O = \underset{\text{dextrose}}{C^6H^{12}O^6} + \underset{\text{levulose}}{C^6H^{12}O^6}.$$

La lévulose et la glucose préexistantes ne sont pas modifiées. L'inversion se produit à la température ordinaire, mais très lentement ; au contraire entre 60° et 70° C. l'inversion devient complète en peu de temps, la température optima étant vers 68° C. pour l'acide HCl, et l'acide employé ne subit aucune modification dans cette réaction.

Le sucre inverti ne cristallise pas, il dévie à gauche le plan de la lumière polarisée, réduit le cuivre de la liqueur de Fehling, et fermente directement sous l'influence de la levure.

Tous les acides minéraux et les acides organiques invertissent le sucre de canne, mais avec des pouvoirs inversifs différents quant au temps et à la température.

Cependant, pour la méthode d'analyse qui nous occupe, on a toujours recours à l'acide chlorhydrique.

Connaissant la polarisation à droite, puis après inversion la polarisation à gauche, une formule permet de calculer de quelle quantité de sucre cristallisable réel provient la quantité nouvelle de sucre inverti dont on connaît la déviation à gauche. La valeur de la rotation à gauche étant variable avec la température d'observation, principalement à cause de la présence de la lévulose plus sensible à ce point de vue que la glucose, il en résulte que l'observation de la température devait entrer dans la formule, en ce sens que si une solution de sucre de cannes donne 100° à droite, cette même solution invertie donne 44° à gauche, *mais à la température de* 0° C. ; ou bien $\left(44 - \frac{T}{2}\right)$ à la

Digitized by Google

température T, de sorte que cette déviation serait nulle pour une température d'observation de 88°.

D'après Clerget la déviation est rétrograde de 0,00475 par degré centigrade au-dessus de 0. D'après Tuchschmid, cette variation du pouvoir rotatoire serait de 0,004805.

Aussi, est-il de coutume de faire en sorte que les liquides d'observation soient à la température de 20° C., bien que dans la formule il soit tenu compte de la température quelle qu'elle soit, et que cette précaution n'ait pas en somme été indiquée ni par Clerget, ni par les chimistes de cette époque.

Voici la pratique ordinaire de l'inversion dite méthode commerciale. Prendre 50 cm³ du filtrat ayant servi à l'analyse polarimétrique (c'est-à-dire de la solution déféquée au sous-acétate de plomb), les placer dans un ballon de 50 — 55 cm³ jaugé à 2 traits.(1) Y ajouter 5 cm³ d'acide chlorhydrique pur à 22° B ou D = 1,188. Quelques chimistes à cet instant agitent alors par retournement en ayant soin, bien entendu, de ne pas perdre de liquide. Mais nous pensons qu'il vaut mieux ne pas le faire, parce que quoi qu'on fasse, on perd toujours un peu de la solution. Le mélange des deux liquides s'effectue parfaitement seul sous l'influence des densités différentes et des courants intérieurs provoqués dans le ballon par le chauffage que l'on pratique dès lors au bain-marie de la manière suivante. Placer le ballon de 50-55 cm³ dans le bain-marie froid et chauffer ce bain-marie de telle sorte que sa température s'élève en 12 minutes de manière à porter la température du liquide du ballon à 68° C. Maintenir ensuite à 68° C. pendant 10 minutes, ce qui correspond à une température extérieure du bain à 72° C. à peu près. Refroidir alors le ballon en le portant dans l'eau froide à 20°. On contrôle ces températures au moyen d'un ballon témoin de même volume, rempli d'eau à la température d'emplissage du ballon de 50-55 cm³ en liquide sucré. Cette température sera autant que possible de 20° C.

Dans le ballon témoin on met un petit thermomètre gradué sur tige ou à chemise de verre. Quant tout est prêt on place ensemble et en même temps le ou les ballons contenant les liquides à invertir, et le ballon témoin. On chauffe alors comme nous venons de le dire.

On peut encore, au lieu de maintenir la température à 68° C. pendant 10 minutes, retirer les ballons du bain-marie dès qu'ils ont at-

(1) Ou 100-110 cm³.

Digitized by Google

teint la température de 68°, et les laisser alors refroidir. Mais nous préférons de chauffer encore à 68° pendant 10 minutes.

Lorsque le ballon contenant le liquide sucré inverti est revenu à la température de 20° C., on le jauge soigneusement à 55 cm³, car le chauffage a fait évaporer un peu d'eau. On agite alors, et versant le liquide dans un verre, on y ajoute au besoin un peu de noir animal pour le décolorer, soit de 0 gr. 5 à 1 ou 2 gr. au maximum, selon la coloration du liquide, on agite, et on filtre soigneusement. On observe au polarimètre avec un tube de 220 mm. à chemise de verre à l'intérieur.

Comme on a dilué le liquide à observer au dixième de son volume, si on ne disposait que d'un tube de 200 mm. il faudrait ajouter à la lecture polarimétrique une valeur égale au dixième de cette lecture. Aussitôt la lecture faite, on prend avec un bon thermomètre divisé en 1/2 degrés la température du liquide dans le tube d'observation polarimétrique (¹).

Il existe pour cela des tubes spéciaux, dits à inversion, de 220 mm. de long et qui portent en leur milieu une tubulure verticale permettant l'introduction du réservoir d'un thermomètre. On construit encore ces tubes avec une double enveloppe permettant d'y faire circuler un courant d'eau à 20° pour maintenir cette température égale pendant la durée de l'observation.

La formule employée pour le calcul du *sucre corrigé Clerget* est, en France, celle de Clerget :

$$S = \frac{(D + G) \times 200}{288 - t} \quad \text{ou} \quad \frac{(D + G) \times 200}{144 - \frac{t}{2}}.$$

Dans laquelle S est le sucre cristallisable dit corrigé Clerget.

D = polarisation à droite avant inversion.

G = d° à gauche après inversion.

t = Température à laquelle a lieu l'observation, soit 20°, autant que possible.

Méthode Herzfeld. — Herzfeld pèse le poids normal qu'il introduit dans un ballon de 100 cm³ et qu'il dissout avec 75 à 80 cm³ d'eau ; il ajoute alors 5 cm³ d'acide chlorhydrique, puis il place dans le ballon un thermomètre vérifié, et met le ballon dans un bain-marie

(¹) Le thermomètre de précision donnant le 1/10e de degré est préférable.

Digitized by Google

à 72-73°, de manière à amener le liquide en 3 ou 4 minutes à 69° C. Il maintient à cette température pendant 5 minutes, refroidit à 20° C., retire le thermomètre et le lave avec un jet de pissette d'eau, ajoute le noir animal, jauge à 100 cm³, agite et filtre. Il lit alors avec un tube de 200 mm. et prend la température au 1/10e de degré.

Sa formule, employée en Allemagne, est

$$S = \frac{(D + G) \times 200}{285{,}32 - t} \quad \text{ou} \quad \frac{(D + G) \times 200}{142{,}66 - \frac{t}{2}}.$$

Nota. — Dans toutes ces formules les déviations à droite et à gauche s'additionnent sans tenir compte de leur signe, c'est-à-dire ne s'additionnent pas suivant la coutume algébrique, le signe + ou — qui est devant chaque déviation ne servant qu'à exprimer que l'une est à droite et l'autre à gauche du zéro de la graduation.

Si l'on soupçonne la présence de saccharose et de raffinose, ce dernier sucre en certaine proportion, on peut employer la formule de Creydt :

$$S = \frac{(D - G) - 0{,}493\ D}{0{,}827}$$

ou celle plus récente de Herzfeld

$$S = \frac{D \times 0{,}5124 - G}{0{,}839}.$$

Ecrite sous la forme de celle de Creydt cette formule devient

$$S = \frac{(D - G) - 0{,}4876\ D}{0{,}839}.$$

La formule de Creydt ne convient que lorsque la température d'observation est de 20° C.

Quand le sucre corrigé Clerget obtenu par inversion diffère en moins de la polarisation directe d'une quantité inférieure à 1, on conclut à l'absence de matières dextrogyres et de raffinose. Lorsque cette différence est plus grande que 1, on calcule alors la Raffinose à l'aide de la formule de Creydt, de laquelle on tire :

$$\text{Raffinose hydratée} = \frac{D - S}{1{,}54}.$$

$$\text{Raffinose anhydre} = \frac{D - S}{1{,}78}.$$

Digitized by Google

Méthode Lindet. — Cette méthode, grâce à l'emploi du zinc en poudre, arrête l'action destructive de l'acide sur le sucre une fois l'inversion terminée, et profite de l'action de l'hydrogène à l'état naissant pour décolorer le liquide inverti.

On prend 40 cm³ du liquide à *n* fois le poids normal dans *n* fois 100 cm³ qui a servi à la polarisation directe. On les porte dans une fiole de 100 cm³, contenant 5 gr. de zinc en poudre. On suspend la fiole dans la vapeur du bain-marie bouillant. Après quelques instants, on ajoute par portions, en 4 ou 5 fois à 5 minutes d'intervalle, 20 cm³ d'une solution à 50 °/₀ d'acide chlorhydrique en volume. On fait refroidir au bout de quelques minutes après la dernière addition d'acide.

On décante alors le liquide sur un petit filtre sans plis placé dans un entonnoir au-dessus d'un ballon de 100 cm³, on lave le zinc et le filtre et on complète ainsi le ballon à 100 cm³. On ramène à la température de 20°, on jauge, on agite, on polarise au tube de 200 mm. à chemise de verre.

Le chiffre lu, multiplié par 2,5, donne la déviation G à gauche.

On se servira alors, comme pour l'inversion ordinaire, de la formule de Clerget ou de celle de Creydt.

Méthode Lindet modifiée par Courtonne et Gérard. — 1° Dans un ballon de 200 on introduit 32 gr. 58 de mélasse, on fait dissoudre et jauge jusqu'au trait 200 cm³ — soit solution A. — Prélever de cette solution à deux fois le poids normal dans un ballon de 100-110 cm³ jusqu'au trait 100 cm³, ajouter 10 cm³ de sous-acétate, agiter, filtrer, polariser, ajouter le dixième de la polarisation lue : on a le sucre à droite de la mélasse ;

2° Prendre 20 cm³ de la solution A, les mettre dans un ballon de 50 cm³ contenant 5 gr. de zinc en poudre. Suspendre le ballon dans la vapeur d'eau bouillante, ajouter 5 cm³ d'acide chlorhydrique pur par portions successives. Quelques minutes après la dernière addition d'acide, faire refroidir, compléter à 50 cm³, filtrer, polariser au tube de 200 mm.

Le chiffre lu au polarimètre multiplié par 2,475 donne la déviation à gauche G.

Le volume occupé par le zinc est admis constant à 0,5 cm³. On se servira alors des formules de Clerget ou de celles de Creydt comme à l'ordinaire.

Digitized by Google

M. Gérard a simplifié les diverses formules.

Celle de Creydt s'écrit alors :

$$S = 0{,}613\ D - 1{,}209\ G\ ;$$

celle de Herzfeld :

$$S = 0{,}6107\ D - 1{,}191\ G\ ;$$

celle de Lindet :

$$S = 0{,}631\ D - 1{,}234\ G.$$

On peut encore calculer, lorsqu'on soupçonne la présence de la raffinose, par les formules suivantes déduites des formules allemandes :

$$\text{Saccharose} = 0{,}5124\ D - G_{20^\circ} \quad \text{et} \quad \text{Raffinose} = \frac{D - S}{1{,}852}.$$

Dans lesquelles D est la déviation à droite.

G_{20} la déviation à gauche à 20° C. et

S le sucre cristallisable Herzfeld.

Lorsqu'on a effectué la polarisation après inversion à une température différente de 20° C., on ramène à 20° à l'aide de la formule de Hammerschmidt, ou de Tuchschmidt.

$$G_{20} = G_t + 0{,}0038\ S\ (20 - t).$$

Dans laquelle :

G_t est la déviation à gauche après inversion, refroidie à t° centigrades, et

S la somme des deux déviations droite et gauche.

Quand les mélasses renferment une assez forte proportion de sucres réducteurs, comme les mélasses de cannes, l'inversion donne un résultat supérieur au sucre à droite.

Cette différence provient de la rotation à gauche produite par l'incristallisable préexistant à l'inversion.

Quand on établit le rapport

$$\frac{D - C}{g}$$

dans lequel D est la polarisation à droite,

C est le Clerget cristallisable,

G est la glucose ou les réducteurs, *mais exprimés en saccharose* par le calcul

$$g = \frac{\text{incristallisable}}{1{,}05263}.$$

Digitized by Google

On trouve pour ces mélasses des chiffres variant de 0,2 à 0,3. Or, si les sucres réducteurs étaient de l'inverti normal, on devrait trouver toujours 0,33, qui est le pouvoir rotatoire de l'inverti exprimé en sucre de cannes à 20°, c'est-à-dire que les sucres réducteurs marquent au polarimètre le tiers de leur poids en sucre (L. Biard).

Le pouvoir rotatoire de ces matières autres que le sucre de canne n'est donc pas constant, et comme l'inversion est basée justement sur la constance de ce pouvoir rotatoire, il s'en suit que pour les mélasses dont nous parlons l'inversion donne des résultats faux. Parmi les causes qui contribuent à cette anomalie apparente, il faut citer l'emploi du sous-acétate de plomb dans l'analyse de ces mélasses.

Aussi MM. Hangton Gill, L. Spencer-Tucker, Saillard, Edson et surtout H. Pellet recommandent pour ces analyses l'emploi de l'acétate neutre de plomb [1].

De la détermination du coefficient d'inversion. — Dans la formule de Clerget il y a un facteur 144 ou 142,66, qui est le coefficient d'inversion, et qu'il est bon d'établir pour chaque polarimètre, ainsi d'ailleurs qu'on vérifie le poids normal.

On fera des solutions qui, examinées au tube 400 mm. donneront des polarisations d'environ 100, 75, 50, 25, puis on fera l'inversion de ces solutions, en employant des ballons de 100-110 cm³ bien nets et 10 cm³ d'acide chlorhydrique pur et concentré à 23° de densité 1,190. Ces déviations à gauche seront lues au tube de 220 mm. et multipliées par deux pour les faire correspondre aux polarisations lues au tube de 400 mm.

Soit X le coefficient d'inversion cherché pour chaque point de la graduation vérifié. On aura :

$$D = \frac{100\,(D + G)}{X - \frac{T}{2}}$$

d'où l'on tire :

$$X = \frac{100\,(D + G) + D \times \frac{T}{2}}{D}.$$

[1] Nous renverrons le lecteur à ce sujet au Mémoire de H. Pellet, *De l'influence du sous-acétate de plomb sur les différentes matières sucrées*, « Bulletin de l'association des chimistes de sucrerie », juillet, août et septembre 1896.

Digitized by Google

Dans cette formule

D est la polarisation à droite,
G la polarisation à gauche,
T la température d'observation qui doit être 20° ou aussi près de 20° que possible.

On fera la moyenne des valeurs de X pour avoir le coefficient d'inversion pour le polarimètre que l'on possède.

La méthode d'inversion française de Clerget donnerait d'après M. Saillard un résultat trop faible.

L'erreur serait due à ce fait que, dans la mélasse, il y a des matières azotées actives qui ont, en milieu acide et en présence des sels minéraux formant les cendres de la mélasse, une polarisation dextrogyre ; tandis que leur pouvoir rotatoire devient lévogyre en solution alcalinisée par la soude, la potasse et l'ammoniaque. Ces matières azotées tendent donc à diminuer la déviation à gauche et par conséquent le Clerget [1].

Pour obvier à ces inconvénients, Clerget avait proposé dès 1852 de faire 2 lectures après inversion : une, sur le liquide inverti tel quel acide, la lecture de la méthode qu'il a préconisée ; et une seconde lecture sur ce même liquide, mais neutralisé à la soude. Clerget ajoutait ensuite les 2/7 de la différence des deux lectures à la polarisation directe.

D'après M. Saillard, ce moyen qui pouvait paraître exact au moment où il a été préconisé, peut encore l'être maintenant. En effet, la différence entre la lecture neutre et la lecture acide est due non seulement aux matières azotées, mais elle serait la résultante de quatre actions qui sont :

Actions de l'acidité sur le pouvoir rotatoire des matières azotées actives et du sucre inverti, pour d'eux d'entre elles ;

Actions du chlorure de sodium formé pendant la neutralisation sur le pouvoir rotatoire du sucre invetri et des matières azotées pour les de ces deux dernières actions.

M. Andrlik [2] a proposé, en 1907, de faire deux lectures, l'une avant, et l'autre après inversion, en milieu de même acidité chlorhy-

(1) Emile Saillard, *Circulaire Hebdomadaire du Syndicat*, du 23 juin 1912 (feuilles roses). Voir en outre *Composition de la betterave*, t. I du présent ouvrage.

(2) *Zeitschr.* de Bohême, 1907.

Digitized by Google

drique. De sorte que, la polarisation directe se trouvant augmentée d'une certaine quantité par la présence des matières azotées, ces mêmes matières, après inversion, diminuant la polarisation à gauche d'une quantité identique, leur influence sur la somme (A+B) des deux déviations dans la formule Clerget se trouve être nulle. Mais il y a lieu de se prémunir contre la possibilité d'une inversion partielle, surtout dans les pays chauds, pendant le temps de la polarisation directe. C'est pour éviter cet inconvénient que M. Andrlik ajoute à ses liquides de l'urée en solution chlorhydrique ou de la bétaïne. Voici la méthode Andrlik, se rapportant à la méthode allemande Clerget-Herzfeld.

Méthode par polarisation directe. — Transvaser 52 gr. de Mélasse dans un ballon de 200 cm³, déféquer avec 20 cm³ de nitrate de plomb en solution de 1 kg. de nitrate par litre, et 20 cm³ de lessive de soude à 100 gr. de soude en plaques par litre. Compléter à 200 cm³, filtrer, soit filtrat (F).

Prendre 50 cm³ du filtrat F dans un ballon de 100 cm³, ajouter 49 cm³ d'une solution contenant 6 cm³ 5 d'acide chlorhydrique à 22° Baumé pour 5 gr. d'urée ; compléter à 100 cm³, filtrer, polariser : soit A la lecture.

Prendre 50 cm³ du filtrat F, ajouter 25 cm³ d'eau, et 6 cm³ 5 d'acide chlorhydrique à 22° Baumé, et invertir suivant Herzfeld ; compléter à 100 cm³, filtrer polariser : soit B la lecture; on a :

$$\text{Sucre Clerget-Andrlik} = \frac{200\,(A + B)}{143{,}5 - 1/2\,t}$$

t étant la température.

On pourrait se contenter de 5 cm³ d'acide HCL, mais il faudrait chauffer plus longtemps.

M. Andrlik emploie 6 cm³ 5 parce qu'il admet que l'acide HCl peut déplacer certains acides moins fixes qui se trouvent dans la mélasse à l'état de sels, et dès lors pour obtenir qu'il reste 5 cm³ d'acide HCl en définitive, il en met 6 cm³ 5.

M. Saillard, étudiant l'inversion Andrlik, a trouvé que malgré la présence de l'urée il se produisait déjà à 20° une légère inversion pendant le temps des multiplications nécessitées pour l'observation de la polarisation directe.

C'est pourquoi on a proposé l'emploi de l'acide sulfureux pour

Digitized by Google

acidifier le liquide au lieu de l'acide chlorhydrique. Pour exécuter la polarisation acide M. Ogilvie, en Angleterre, pratique la méthode suivante :

Faire passer 52 gr. de mélasse dans un ballon de 200 cm³, déféquer avec 10 à 15 cm³ de sous-acétate ; compléter à 220 cm³, agiter, filtrer. Prendre 100 cm³ de la solution déféquée précédente ; ajouter 10 à 15 cm³ de solution saturée d'acide sulfureux et compléter à 200 cm³, ajouter de la pâte de papier ; agiter, filtrer, Polariser, soit A la polarisation directe acide, etc., le reste se fait comme pour la méthode Andrlik. D'après les essais de M. Saillard, l'effet attendu de l'acide sulfureux sur la polarisation directe ne serait pas constant et varierait suivant les mélasses.

Les différences seraient de 1,05 à 0,40 (¹).

Enfin M. Ogilvie a cherché à se servir de l'invertase pour protéger l'inversion. Mais nous n'irons pas plus loin sur ce sujet. M. Saillard préconise la méthode par double polarisation neutre, tandis que M. H. Pellet par un excès d'acide sufureux en solution 1040-1045 de densité, donne d'avance à tous les corps polarisants autres que la saccharose leur maximum de polarisation acide avant inversion. Puis il pratique l'inversion sulfureuse ; or dans la lecture après inversion il retrouve la somme polarimétrique des corps polarisants autres que le sucre avec sa valeur acide inchangée. Et dès lors l'erreur dont ils étaient la cause se trouve éliminée.

Peser 100 gr. du produit et les faire passer dans un ballon de 500 cm³ en réservant la place pour ajouter d'une solution de sous-acétate de plomb à 35°-36° Baumé (à la litharge, codex Français) en quantité suffisante pour qu'une nouvelle addition de réactif ne précipite plus. Compléter à 500 cm³, agiter, filtrer. Prendre 50 cm³ du filtrat, en faire 100 cm³ avec de l'eau distillée, bouillie, agiter, polariser au tube de 20 cm. : on a ainsi la polarisation directe du liquide alcalin, qu'il faut multiplier par 2 dans le cas du polarimètre à 20 grammes, par 1,629 et 2,6 dans le cas des polarimètres à 16,29 et 26 grammes, le tout pour avoir le résultat pour 100 grammes de matières.

Puis on prend 50 cm³ du même liquide ou filtrat déféqué au plomb, *dans la même pipette*, dans un ballon de 100 cm³ on y ajoute

(¹) E. Saillard, *Circulaire Hebdomadaire du Syndicat des fabricants de sucre de France*, n° du 23 juin 1912.

Digitized by Google

50 cm³ d'acide sulfureux à 1040-1045 de densité ; compléter à 100 cm³, ajouter si c'est nécesaire une pincée de noir décolorant spécial, agiter avec précaution. filtrer. On a un liquide très décoloré qu'on polarise. C'est la polarisation sulfureuse acide. On calcule la polarisation °/₀ gr. de matière, l'acide sulfureux n'attaque la saccharose à la température ordinaire qu'après 30 ou 40 minutes et encore.

Cette polarisation est plus élevée que la première.

Pour l'inversion, on prend 2 ballons de 100 cm³, on met dans chacun, 50 cm³ du filtrat primitif (avec la même pipette de 50 cm³), ajouter 5 cm³ d'acide chlorhydrique pur fumant de 1180 environ de densité, puis ajouter 25 cm³ de la même solution d'acide sulfureux dans chaque ballon.

Dans un bain-marie bouillant et préparé d'avance on place les 2 ballons et un 3ᵉ semblable contenant 80 cm³ d'eau et un thermomètre.

On atteint 70° environ après 2 minutes 1/2.

A ce moment on ajoute un peu d'eau froide et on mélange rapidement de manière à ramener l'eau du bain-marie à 70°-71°, ce qui se fait très vite avec un peu d'habitude, et on maintient les ballons à 70° durant 7 minutes d'abord. On en retire alors un contenant le liquide sucré, on le refroidit à 20° autant que possible. On laisse l'autre ballon encore 3 minutes en plus à 70°. On le retire, on le refroidit. On complète à 100 cm³, on agite, et l'on met une pincée de noir spécial. On agite, on filtre et on polarise au tube de 40, on multiplie par la base polarimétrique selon que le polarimètre est à 16 gr. 29 on 20 grammes, ou 26 gr. etc., comme il a été dit pour la polarisation avant inversion.

On prend la température au 1/10ᵉ de degré. On calcule le sucre cristallisable par inversion en se servant de la formule française connue, mais en modifiant la constante à cause de la concentration plus ou moins forte en saccharose, ce qui du reste est préconisé dans d'autres méthodes et adopté.

Voir la table de ces constantes p. 247.

Exemple : Soit une polarisation directe acide de 47,2.

La solution invertie correspond à une teneur en sucre de

$$\frac{10 \text{ gr.} \times 47,2}{100} = 4,72$$

Digitized by Google

or, 4.72 est compris entre 4 et 5 °/₀ de sucre et en interpolant entre 142.05 et 142.12 on trouve que la constante à adopter est pour 4.72 de 142.10.

Table des constantes à adopter suivant la concentration des liquides invertis

Sucre °/₀ cm³	Constantes	Sucre °/₀ cm³	Constantes
1	141,85	11	142,52
2	141,91	12	142,59
3	141,98	13	142,66
4	142,05	14	142,73
5	142,12	15	142,79
6	142,18	16	142,86
7	142,25	17	142,93
8	142,32	18	143,00
9	142,39	19	143,07
10	142,46	20	143,13

(Voir le bulletin de l'association des chimistes, n° 4. Octobre 1912, tome XXX, page 170).

DOSAGE DU SUCRE DANS LES EAUX DE RETOUR ET EAUX DES CALORISATEURS

Le dosage du sucre dans les eaux de retour s'effectuera en concentrant ces eaux auxquelles en ajoutera une trace de soude pour les rendre alcalines d'une alcalinité stable. On les fera évaporer au 1/10° de leur volume primitif, et on dosera le sucre en volume au polarimètre comme pour un petit jus. Ordinairement on vérifie ces eaux qualitativement au moyen d'une solution d'α-naphtol et par l'addition d'acide sulfurique.

Pour cela on verse au fond d'un tube à essai environ 1 cm³ de l'eau à essayer, puis une goutte de teinture d'α-naphtol, soit 2 gr. 5 d'α-naphtol dans 100 cm³ d'alcool ; on ajoute 5 à 6 cm³ d'acide sulfurique pur, on agite. S'il y a du sucre, même en très petite quantité, il se produira une belle coloration violette d'autant plus intense qu'il y aura plus de sucre dans l'eau examinée.

Méthode Micro-saccharimétrique de Pellet. — H. Pellet a régularisé cette manière de faire. A cet effet, il a construit un tube à essais spécial, à fond plat, portant 2 traits de jauge, l'un à 2 cm³ 5 et l'autre à 2 cm³ 5 plus 1 cm³, ou encore l'un à 5 cm³ et l'autre à 5 cm³ plus 2 cm³. On met d'abord dans le tube de l'acide sulfurique pur et

Digitized by Google

exempt de poussières et de matières organiques quelconques, puis on ajoute avec précaution l'eau à essayer, soit donc 2 cm^3 d'acide sulfurique et 1 cm^3 d'eau, ou le double de ces quantités respectives.

Puis enfin quelques gouttes de la solution alcoolique d'α-naphtol ; on agite et, suivant la coloration, on estime la quantité de sucre, qu'on établit par comparaison avec des plaques colorées en verre. La réaction à l'α-naphtol décelant de très petites quantités de sucre, il y a lieu de s'assurer de la propreté rigoureuse de tous les ustensiles nécessaires, tubes, pipettes, etc. Sans quoi on s'exposerait à trouver du sucre là où il n'y en a pas. C'est pourquoi nous conseillons, étant donné l'importance que peut avoir la présence du sucre dans les eaux de retour en sucrerie, de toujours recommencer l'essai si une première fois on obtient une coloration violette, même faible, en prenant les précautions les plus minutieuses à ce point de vue.

Digitized by Google

CHAPITRE XII

—

COLORIMÉTRIE ET COLORIMÈTRES. — VISCOSITÉ

COLORIMÈTRE

Le colorimètre est un instrument destiné à mesurer l'intensité de la coloration de deux liquides dont l'un, pris sous une épaisseur donnée, comme unité de coloration, sert de type.

Les colorimètres sont donc basés sur la mesure des épaisseurs comparées de deux liquides qui, traversés par la lumière, donnent la même intensité de coloration.

Colorimètre Laurent à deux liquides. — Cet instrument est représenté par la fig. 329. Il se compose essentiellement de 2 plongeurs cylindriques DD′ en verre pur à bases supérieures et inférieures rigoureusement parallèles et parfaitement polies.

Ces plongeurs se meuvent verticalement (grâce à une crémaillère engrenant dans un pignon denté monté sur un bouton moleté), dans l'axe vertical des godets de verre B, B dont le fond est une lame de verre à faces parallèles aux bases des plongeurs. Dans ces godets on met les liquides à observer.

Un miroir A à deux surfaces permet par son inclinaison variable le renvoi d'un faisceau lumineux dans le fond des godets, à l'effet de lui faire traverser les couches liquides dont l'épaisseur variable est réglée par la distance qui sépare le fond intérieur du godet de la base inférieure des plongeurs cylindriques.

Un système de prismes P, P′ et de lentilles formant lunette de Galilée collecte les faisceaux lumineux dans la lunette d'observation, et les rapproche l'un de l'autre de manière à offrir à l'œil deux demi-disques éclairés comme le champ d'un polarimètre à deux plages

Digitized by Google

(voir fig. 330). Dans l'un des godets on place la solution à étudier et dans l'autre la solution type.

On fait alors manœuvrer les plongeurs :

1° Du côté de la solution type afin de lui donner une épaisseur connue, mesurée sur une graduation que porte l'instrument ;

2° Du côté de la solution à mesurer, de manière à obtenir dans le champ lumineux correspondant la même coloration et intensité que

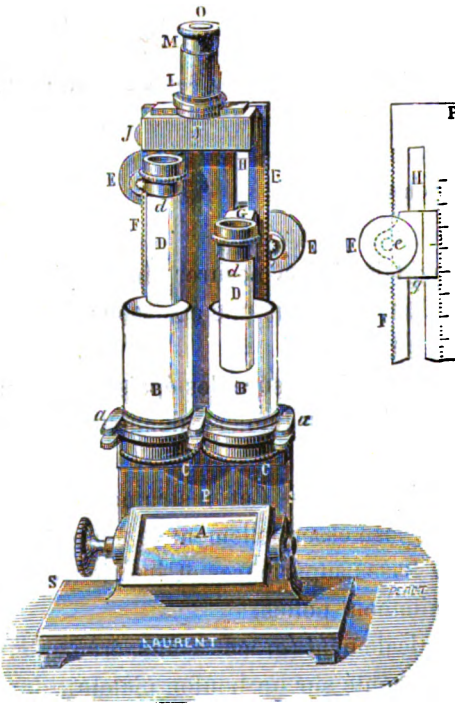
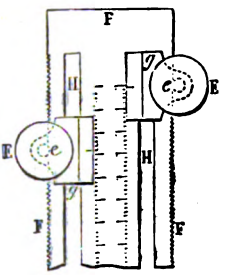


Fig. 329.



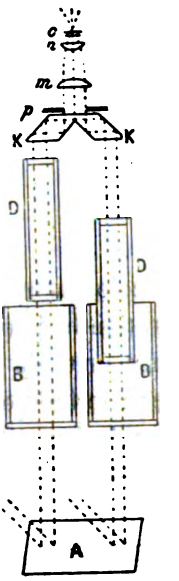


Fig. 330 et 330 bis.

dans le champ lumineux de la solution type. On regarde alors sur la graduation du plongeur sous quelle épaisseur liquide cette égalité de coloration et d'intensité a lieu. Pour une même teinte des deux demi-disques, les colorations propres des deux solutions sont en raison inverse des épaisseurs liquides ainsi déterminées (fig. 330 *bis*).

Colorimètre de M. Josse. — Ce colorimètre (fig. 331) est à un liquide. Le liquide type est remplacé par une lame de verre colorée, taillée en forme de prisme allongé, à épaisseurs variables, offrant ainsi une gamme de teintes dégradées régulières, allant du blanc pur jusqu'à une intensité de teinte jaune que limite seule la longueur de la lame de verre.

Digitized by Google

Cette lame se déplace verticalement devant une fente ou fenêtre pratiquée dans une sorte d'écran. Une graduation indique la mesure des déplacements. Une seconde fenêtre permet l'introduction de la lumière dans le liquide à examiner qui est traversé par le faisceau lumineux sous une épaisseur constante. C'est en l'espèce une cuve de 4 cm. d'épaisseur.

La lame prismatique teintée dans sa plus grande épaisseur offre une coloration de 25 colories d'intensité. Mais il existe une lame supplémentaire de 25 colories également, qu'on peut juxtaposer à la 1re, ce qui permet d'obtenir une intensité de 50 colories au total dans la plus forte épaisseur des lames. Au delà, la sensibilité de l'instrument cesse d'être satisfaisante et on est obligé de diluer le liquide à examiner, du 1/4, de la moitié, etc., de manière à ramener sa teinte au-dessous de 50 colories.

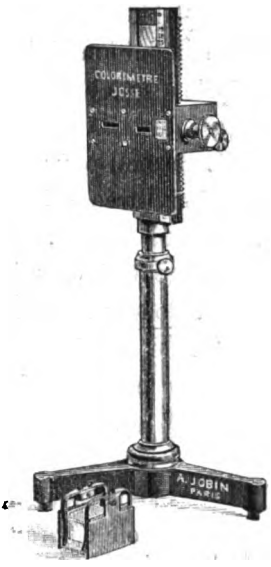


Fig. 331.

On peut encore, au lieu de diluer le liquide, diminuer l'épaisseur de la cuve, et par conséquent du liquide, en plaçant à l'intérieur des parallélipipèdes de verre dont les épaisseurs sont une fraction de l'épaisseur de la cuve.

Dans ces deux cas évidemment, le résultat trouvé sera multiplié par le coefficient de dilution ou de diminution d'épaisseur de la lame liquide offerte au passage du faisceau lumineux. On comprend maintenant facilement comment on se sert de l'appareil. Le liquide étant placé dans la cuve de verre, on regarde par les fenêtres, en plaçant l'instrument à distance de vue entre l'observateur et une source de lumière, telle une fenêtre sans rideaux, et on fait monter ou descendre la lame de verre teintée au moyen d'un bouton moleté agissant sur une crémaillère, jusqu'à obtention de teintes égales de part et d'autre.

Le résultat se lit sur la graduation, cachée à l'intérieur de l'appareil, mais dont le chiffre est visible à travers une fenêtre spéciale située à côté des fentes d'observation.

Digitized by Google

DE LA COLORIE. DÉFINITION

D'après Josse, la colorie est la plus petite différence de coloration appréciable dans un liquide examiné sous une certaine épaisseur. Cette définition évidemment n'a de valeur que si l'on rapporte la colorie à une unité bien déterminée. Cette valeur peut être fixée *a priori*.

M. Barbet, pour la fixer, a proposé de prendre comme unité une solution titrée d'iode, renfermant 1 gr. d'iode par litre, et examinée sous 1 cm. d'épaisseur. Le corps qui pour un gramme exactement dissous dans 1.000 cm³ examiné sous une épaisseur de 1 cm. donnera 100 colories, aura une intensité de coloration égale à 100. Ce sera le pouvoir colorant de ce corps.

Soit n le nombre de colories lu sur l'échelle de l'appareil,

V le volume exprimé en litres de la solution,

P le poids de la substance dissoute exprimé en grammes,

ε l'épaisseur de la couche liquide exprimée en centimètres.

Le pouvoir colorant sera exprimé par :

$$\frac{n \times V}{P \times \varepsilon} = \text{pouvoir colorant.}$$

DE LA VISCOSITÉ

Nous ne dirons que quelques mots de la viscosité et des viscosimètres.

La viscosité se manifeste par cette propriété qu'ont certains liquides de couler avec lenteur et d'adhérer fortement aux parois des vases qui les contiennent.

On a cherché à mesurer la viscosité. Les viscosimètres sont ceux d'Engler, de Engler modifié par Ragosine ; et le viscosimètre de MM. de Grobert et Demichel. Dans celui-ci on compare les solutions à examiner, ramenées au même degré de sucre pour 100 cm³, avec une solution type de sucre pur. Il y a lieu d'observer la même température, les viscosités étant très différentes selon les températures.

En résumé la méthode consiste à se rendre compte du temps que met à s'écouler un volume donné de la solution type à t^o par un orifice déterminé, comparativement avec le même volume à t^o de la so-

Digitized by Google

lution à examiner, s'écoulant par un orifice identique et dans des conditions de pression et hauteur égales.

C'est ainsi qu'on peut réaliser un viscosimètre en prenant un simple entonnoir dont on rétrécira le débit en effilant la douille et la coupant net selon une de ses sections droites. On s'arrangera pour que le débit soit de 200 cm³ d'eau exactement pour 100 secondes de temps à 20° C.

On fera ensuite une solution de sucre pur à 35 °/₀ de sucre en volume, à 20° C.

Puis on ramènera la mélasse ou le produit à examiner à une solution contenant également 35 °/₀ de sucre à 20° C. Remplissant alors l'entonnoir de 200 cm³ de la solution de sucre pur, on notera exactement le temps de son écoulement.

On fera de même pour la mélasse ramenée à 35 °/₀ de sucre. Supposons que l'on ait eu :

	Temps en secondes pour l'écoulement	Augmentation en secondes sur		Soit °/₀ sur la solution type
		l'eau	le type	
Eau	100			
Solution de sucre type à 35 °/₀	122	22	type	type
Mélasses de cannes . . .	130	30	8	6,55
» de betteraves .	161	61	39	31,96

Exemple de calcul. Mélasse de cannes. — La différence de temps entre l'écoulement de la solution type et de la mélasse pour 200 cm³ est 130 — 122 = 8 secondes ; soit 4 secondes pour 100 cm³. Or, 100 cm³ de la solution type mettent $\frac{122}{2} = 61$ secondes à s'écouler.

Le °/₀ sera alors

$$\frac{4 \times 100}{61} = 6,55.$$

Il est bon de passer les mélasses, égouts, etc., au tamis fin avant de les introduire dans le viscosimètre.

Digitized by Google

CHAPITRE XIII

—

DES ANALYSES ET DU CONTROLE DE LA FABRICATION EN SUCRERIE DE CANNES

Si l'on généralise les procédés d'investigation et d'analyse que nous nous sommes efforcés d'exposer en partie jusqu'à présent, on reconnaît facilement que par extension, ils sont applicables pour la plus grande partie à la sucrerie de cannes.

Cette industrie ne diffère en somme plus guère, du moins dans certaines usines où l'installation de la diffusion et de la carbonatation double est effectuée, de la sucrerie de betteraves.

Pour d'autres usines les procédés d'extraction par moulins à multiple pression, la défécation claire, etc., ne donnent en somme au chimiste que des produits à analyser fort analogues à ceux de la sucrerie de betteraves, et dont seules les proportions de sucres réducteurs, les alcalinités plus faibles ou nulles, et même les acidités, sont autres.

Par conséquent, la plupart des méthodes décrites plus haut y compris celle générale des masses cuites, égouts, etc., s'appliquent également à la sucrerie de cannes, et nous n'y reviendrons pas.

Mais la texture de la canne diffère de celle de la betterave.

A cause de cette texture beaucoup plus fibreuse, il a été nécessaire d'appliquer à l'analyse de la matière première quelques méthodes modifiées par rapport à celle de la betterave, non pas dans leur essence générale, mais dans les détails de préparation, puisque en définitive, le Brix, le polarimètre, la liqueur de Fehling, etc., restent les ressources essentielles du chimiste de la sucrerie de cannes.

Digitized by Google

ANALYSE DE LA CANNE. PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON MOYEN

L'échantillonnage des cannes est fort difficile, les cannes offrant une grande variation de composition d'une tige à l'autre et même, pour une tige unique, selon les sections, d'un nœud à l'autre, et encore suivant le diamètre des tiges et de ces sections. Aussi les manières d'opérer sont-elles très diverses; elles sont variables avec les coutumes des pays de mœurs géographiques fort différentes. A Hawaï l'association des chimistes de ce pays [1] indique de prendre le plus grand nombre possible de cannes de chaque champ, lors de la livraison; ou encore de prélever sur le transporteur, environ toutes les deux heures, un échantillon consistant en 3 ou 4 tiges entières. On en dose le ligneux de la manière suivante.

Dosage du ligneux. — On en pèse une partie moyenne de 200 gr. environ; on la divise en morceaux de 0 m. 03 de diamètre au moins, et on place le tout dans un sac en forte toile que l'on insère entre les deux plateaux d'une presse hydraulique. L'échantillon est alors plongé dans un courant d'eau froide pendant deux minutes et pressé de nouveau. Ces opérations sont répétées successivement cinq fois. Le sac est enfin placé dans une étuve à air à 125° C. pendant une demi-heure; après quoi le ligneux est retiré du sac et séché dans une capsule plate pendant quatre heures à la même température de 125° C.

Si l'on ne possède pas de presse hydraulique, l'échantillon sera traité sous un courant d'eau froide pendant 12 heures et séché comme il vient d'être dit.

Avant de diviser l'échantillon, il est bon de le faire passer dans un moulin à main pour en extraire la moyenne partie du jus.

Au lieu d'être soumis au lavage à l'eau, une portion déterminée de l'échantillon finement divisé, peut être séchée pendant quatre heures à 100°-105° C., et le pour cent de ligneux calculée d'après la formule suivante :

$$f = \frac{100m}{100 - b}.$$

[1] Méthode d'analyse des produits de sucrerie de canne adoptées par l'association des chimistes de Hawaï. *Bulletin de l'association des chimistes de sucrerie de France*, n° 7, janvier 1911.

Digitized by Google

Dans laquelle f = le pour cent de ligneux dans la canne.
» m = le pour cent d'humidité dans la canne.
» b = le pour cent de matières sèches dans le jus normal.

Dans la détermination du ligneux dans la canne, la quantité d'impuretés provenant des champs et pesée avec la canne elle-même, sera déterminée deux fois par semaine sur une livraison moyenne ; la quantité de ligneux, déterminée ainsi, est ajoutée proportionnellement à la quantité de ligneux trouvé dans l'échantillon de cannes nettoyées. D'ailleurs cette quantité de ligneux dans les impuretés peut être évaluée à 60 %.

M. Prinsen-Geerligs (1), à Java prélève sur chaque chariot 2 cannes sans les choisir ; on les met au frais à l'abri de la pluie et du vent ; le lendemain matin on compte le nombre de cannes et on en prélève en vue d'analyse 1 sur 10, on a ainsi de 60 à 75 cannes.

On coupe ces cannes en morceaux de 1 pied (33 cm. environ) de long, on les mélange et on en pèse 25 kg., que l'on broie dans un petit moulin de laboratoire. On pèse soigneusement la bagasse qui en sort, on la coupe en morceaux, on la mélange, et on en prend une partie que l'on hache très finement.

Dans un appareil de Sickel Soxhlet, déjà décrit, avec de l'alcool, on traite 20 gr. de cette bagasse, on en dose le sucre en poids. Le ligneux qui reste épuisé dans l'appareil est séché et pesé, et on rapporte son poids à 100 parties de canne.

Exemple : soit 43,10 le poids de ce ligneux.

6 kg. 20 le poids de la bagasse sortant du moulin.

$$\text{Le ligneux de la canne } \% \text{ est} = \frac{6{,}2 \times 43{,}1}{25} = 10{,}6.$$

En Egypte, M. H. Pellet (2) découpe l'échantillon de cannes en rondelles minces au moyen d'un coupe-cannes de Laboratoire (fig. 332). Toutes ces rondelles sont bien mélangées, puis réparties sur une grande surface et on en prélève en différents endroits de petites quantités de façon à avoir un échantillon moyen de 250 à 300 gr. environ. Puis

(1) Prinsen-Geerligs. *Bulletin de l'association des chimistes de sucrerie et distillerie de France et colonies* (mars-avril 1900).

(2) Ch. Fribourg. *Analyse chimique en sucreries et raffinerie*, préface de H. Pellet, Paris, 1907.

Digitized by Google

on introduit cette quantité dans un mortier en fer et on la broie très rapidement de manière à avoir une pulpe assez fine.

Aussitôt la pulpe préparée on la met dans un récipient muni d'un couvercle pour éviter l'évaporation.

Ensuite, on en pèse 50 gr. que l'on traite par l'appareil à épuisement de Zamaron, dont nous parlerons plus loin : il reste ainsi dans le panier tout le ligneux. On met le panier à l'étuve et on l'y laisse

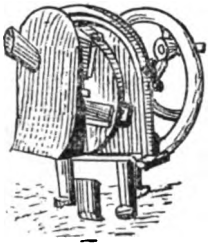


Fig. 332.

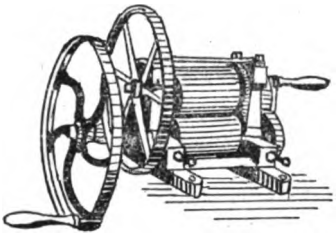


Fig. 333.

jusqu'à dessiccation complète. Il faut de 9 à 12 heures d'étuve. On pèse. Le résultat multiplié par deux donne le ligneux pour 100 gr. de cannes.

Pour s'assurer qu'il ne passe pas de pulpe folle à travers le panier, on fait passer tout le liquide provenant du traitement, y compris le précipité plombique, sur une toile de tamis très fine, n° 200 par exemple. On lave bien, on fait sécher et on pèse le résidu, avec un panier bien perforé; on ne trouve que quelques milligrammes, ce qui est insignifiant. Le ligneux n'est dosé en général qu'une fois par 24 heures.

DOSAGE DU SUCRE DANS LA CANNE

Analyse indirecte. — Lorsqu'en emploie des moulins pour l'extraction du vesou, étant donné la difficulté d'échantillonner la canne, on analyse le jus ou vesou sortant des moulins sans addition d'eau, et encore par de petits moulins spéciaux de Laboratoire [1] (fig. 333) qui donnent une proportion de jus analogue à celle de l'usine. Le vesou filtré à travers une toile sert aux dosages du sucre et de l'incristallisable, qui se font de la même manière que pour le jus de

[1] Ces moulins sont construits par la maison Gallois de Paris, et d'autres modèles par Fernand Dehaître, rue d'Oran, à Paris.

Digitized by Google

betteraves. On en prendra la densité ou le Brix — et on calculera la pureté et le coefficient glucosique qui remplace ici en quelque sorte le coefficient salin moins apprécié que le 1er en sucrerie de cannes, et qu'il remplace. Soit coefficient glucosique $= \frac{\text{Sucres réducteurs} \times 100}{\text{Sucre polarimétrique}}$.

Mais en passant les cannes au moulin, une première pression donne une assez grande quantité de jus de 1re pression.

On repasse la canne pressée, en serrant davantage les cylindres et on obtient moins de jus que la 1re fois et il est moins riche. C'est le jus de 2e pression ; et il reste encore du jus dans la canne. On mélangera ces deux jus ; on aura ainsi ce qu'on appelle le jus normal. Si maintenant on arrose la bagasse avec de l'eau, cette eau sera absorbée, et si on fait un nouveau passage au moulin de cette bagasse imbibée, on obtiendra encore du jus mélangé à l'eau. En mélangeant ces 3 jus, on aura un jus se rapprochant beaucoup plus du jus réel, comme pureté, renfermé dans la canne, que le jus dit normal. Dans ce cas voici comment il faut opérer.

On prend un poids constant de cannes à passer au moulin, soit 2 kg. On les passe au moulin une première fois — on mesure le volume du jus extrait, soit 998 cm³ de jus. On resserre le moulin, on les passe au moulin une deuxième fois ; on mesure le volume de jus, soit 340 cm³ de jus.

Enfin, la bagasse est mise dans un récipient plat à bords relevés (une petite cuvette en zinc) et arrosée d'une quantité fixe d'eau, soit 1 l.

On mélange et remue à la main pour faciliter l'absorption, on laisse en contact 5 minutes, puis on represse. On obtient à peu près 1 l. de jus faible, soit 990 cm³.

On fera alors deux mélanges.

Un mélange avec 3 fois 99 cm³ 8 de jus de 1re pression et 3 fois 34 cm³ 0 de jus de 2e pression.

Ce sera le jus normal — dont la densité est voisine du jus réel de la canne ; puis on mélangera 3 fois 99 cm³ 8 de jus de 1re pression et 3 fois 34 cm³ 0 de jus de 2e pression avec 3 fois 99 cm³ de jus de 3e pression.

Ce sera le jus dont la pureté sera celle du jus naturel dans la canne, à très peu près.

On fera donc toutes les déterminations sur ce jus, et on les rappor-

Digitized by Google

tera par le calcul à la densité du jus normal que l'on aura déterminée soigneusement par le Brix ou autrement, en prenant les mêmes précautions que celles indiquées pour le jus de betteraves, quant à l'air, la mousse, etc.

On pourra doser les cendres, et calculer le salin comme pour un jus de betteraves.

Pour doser le sucre, la proportion de sous-acétate de plomb sera de 6 cm³ environ pour 100 cm³ de jus : il faut agir vite et acidifier le filtrat par quelques gouttes d'acide acétique concentré.

M. Pellet prend 50 cm³ de jus dans un ballon de 200 cm³, il ajoute 3 à 4 cm³ *d'acétate neutre de plomb*, 1/2 à 1 cm³ de sous-acétate, complète à 200 cm³ et filtre : il polarise au tube de 400 (multiplier par le poids normal).

Sur les mêmes liquides de la polarisation on dosera la glucose selon la méthode connue avec 1, 2, 5 ou 5 cm³ de liqueur de Fehling.

Prinsen-Geerligs (¹) prend 20 cm³ de la solution clarifiée à 1/10ᵉ de sous-acétate (6 cm³ sous-acétate et 4 cm³ eau + 100 cm³ de jus.)

Il les place dans un ballon de 100 cm³, en précipite le plomb par une solution à 10 % de sulfate ou 10 % de carbonate de soude et complète à 100 cm³. On agite, on filtre, On prend dans une burette. 40 cm³ de liqueur Fehling à laquelle on ajoute 40 cm³ d'eau et quelques gouttes de lessive de soude, dans une capsule de porcelaine. On porte à l'ébullition, et on fait couler du liquide de la burette dans la liqueur de Fehling, un volume un peu moindre que celui qu'on suppose devoir réduire entièrement le cuivre de la liqueur.

On fait bouillir pendant une minute, et on laisse le précipité se déposer. On regarde la couleur du liquide surnageant et, selon l'intensité de sa coloration bleue, on ajoute une nouvelle quantité de liqueur sucrée, en ayant soin de faire bouillir pendant une minute après chaque addition de la liqueur sucrée.

Il arrive parfois que l'oxydule de cuivre ne se sépare pas nettement ; on accélère cette séparation par l'addition de 10 cm³ environ d'une solution aqueuse de plâtre. Du nombre de centimètres cubes employés en solution sucrée et des degrés Brix du jus, on peut calculer la teneur en glucose d'après le tableau XVII.

D'une manière générale tous les jus peuvent être analysés par une ou l'autre des différentes méthodes que nous venons de décrire,

(¹) D. Sydersky. *Manuel du chimiste de sucrerie*, Paris, 1909.

Digitized by Google

TABLE XVII. — *Indiquant la teneur en réducteurs (glucose) des jus en partant des cm³ du liquide préparés et des degrés Brix du jus*

Cm³ du liquide préparé, c'est-à-dire jus clerifié ayant servi à la polarisation, étendu au cinquième, contenant 0,025 gr. de glucose.

Degrés Brix	10,0	10,2	10,4	10,6	10,8	11,0	11,2	11,4	11,6	11,8	12,0
10 . .	1,32	1,30	1,27	1,25	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,10
11 . .	1,32	1,29	1,27	1,24	1,22	1,20	1,18	1,15	1,14	1,12	1,10
12 . .	1,31	1,29	1,26	1,24	1,21	1,19	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09
13 . .	1,31	1,28	1,26	1,23	1,21	1,19	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09
14 . .	1,30	1,28	1,25	1,23	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08
15 . .	1,30	1,27	1,25	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08
16 . .	1,29	1,26	1,24	1,22	1,19	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,08
17 . .	1,29	1,26	1,24	1,21	1,19	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,07
18 . .	1,28	1,25	1,23	1,21	1,19	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,07
19 . .	1,27	1,25	1,23	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,06
20 . .	1,27	1,24	1,22	1,20	1,18	1,15	1,13	1,11	1,09	1,08	1,06
21 . .	1,26	1,24	1,22	1,19	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,07	1,05
22 . .	1,26	1,23	1,20	1,19	1,17	1,14	1,12	1,10	1,09	1,07	1,05

Degrés Brix	12,2	12,4	12,6	13,1	13,3	13,6	13,8	14,1	14,4	14,7	15,1
10 . .	1,08	1,07	1,05	1,02	0,99	0,97	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88
11 . .	1,08	1,06	1,04	1,01	0,99	0,97	0,95	0,93	0,91	0,90	0,87
12 . .	1,07	1,06	1,04	1,01	0,99	0,96	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87
13 . .	1,07	1,05	1,04	1,00	0,98	0,96	0,95	0,93	0,91	0,89	0,86
14 . .	1,07	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86
15 . .	1,06	1,04	1,03	1,00	0,97	0,95	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86
16 . .	1,06	1,04	1,02	0,99	0,97	0,95	0,93	0,92	0,90	0,88	0,85
17 . .	1,05	1,04	1,02	0,99	0,97	0,94	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85
18 . .	1,05	1,03	1,02	0,98	0,96	0,94	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85
19 . .	1,04	1,03	1,01	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,89	0,87	0,84
20 . .	1,04	1,02	1,01	0,98	0,95	0,93	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84
21 . .	1,04	1,02	1,00	0,97	0,95	0,93	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84
22 . .	1,03	1,02	1,00	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86	0,83

Degrés Brix	15,4	15,7	16,1	16,5	16,9	17,5	18,0	18,5	19,0	19,6	20,1
10 . .	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,75	0,73	0,71	0,70	0,67	0,66
11 . .	0,85	0,84	0,82	0,80	0,78	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,66
12 . .	0,85	0,84	0,81	0,79	0,78	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65
13 . .	0,85	0,83	0,81	0,79	0,77	0,74	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65
14 . .	0,84	0,83	0,81	0,79	0,77	0,74	0,72	0,70	0,68	0,66	0,65
15 . .	0,84	0,83	0,80	0,79	0,77	0,74	0,72	0,70	0,68	0,66	0,64
16 . .	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76	0,73	0,72	0,70	0,68	0,66	0,64
17 . .	0,83	0,82	0,80	0,78	0,76	0,73	0,71	0,69	0,68	0,66	0,64
18 . .	0,83	0,82	0,79	0,78	0,76	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64
19 . .	0,83	0,81	0,79	0,77	0,75	0,72	0,71	0,69	0,67	0,65	0,63
20 . .	0,82	0,81	0,79	0,77	0,75	0,72	0,71	0,69	0,67	0,65	0,63
21 . .	0,82	0,81	0,79	0,77	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,64	0,63
22 . .	0,82	0,80	0,78	0,76	0,76	0,72	0,70	0,68	0,66	0,64	0,63

Si l'analyse montrait que moins de 10 ou plus de 30 cm³ étaient nécessaires pour décolorer complètement la quantité de liqueur Fehling employée, on peut prendre le chiffre appartenant à un multiple ou à une partie du nombre trouvé et le multiplier ou le réduire proportionnellement.

Digitized by Google

TABLE XVIII. — *Relation entre la densité du vesou et sa richesse saccharine* (Biard)

Degré Beaumé à 15°	Densité à 15° C.	Pureté du vesou	Sucre pour 100 gr. de vesou	Sucre % de canne
1	2	3	4	5
7,25	1,053	73	9,8	8,4
7,35	1,054	74	10,0	8,6
7,50	1,055	75	10,3	8,9
7,65	1,056	76	10,6	9,1
7,80	1,057	76	10,9	9,4
7,90	1,058	78	11,2	9,7
8,00	1,059	78	11,5	9,9
8,15	1,060	79	11,8	10,1
8,30	1,061	79	12,1	10,4
8,40	1,062	80	12,3	10,6
8,50	1,063	81	12,6	10,8
8,65	1,064	81	12,9	11,1
8,80	1,065	82	13,2	11,4
8,90	1,066	83	13,5	11,6
9,00	1,067	83	13,8	11,8
9,15	1,068	84	14,0	12,1
9,25	1,069	84	14,3	12,3
9,40	1,070	85	14,6	12,5
9,55	1,071	85	14,8	12,8
9,65	1,072	85	15,1	13,0
9,80	1,073	86	15,4	13,3
9,90	1,074	87	15,7	13,5
10,05	1,075	87	16,0	13,8
10,15	1,076	87	16,3	14,0
10,25	1,077	88	16,5	14,2
10,40	1,078	88	16,8	14,4
10,55	1,079	88	17,1	14,7
10,65	1,080	89	17,4	14,9
10,80	1,081	90	17,7	15,2
10,90	1,082	90	17,9	15,4
11,05	1,083	90	18,2	15,6
11,15	1,084	90	18,45	15,9
11,25	1,085	91	18,7	16,1
11,40	1,086	91	19,0	16,3
11,55	1,087	91	19,2	16,5
11,65	1,088	92	19,5	16,8
11,75	1,089	92	19,8	17,0
11,90	1,090	92	20,1	17,3
12,05	1,091	93	20,3	17,5
12,15	1,092	93	20,6	17,7
12,25	1,093	93	20,9	17,9
12,35	1,094	94	21,1	18,2
12,50	1,095	94	21,4	18,5

Digitized by Google

que ce soit des jus de moulin de laboratoire ou des jus de moulins d'usine ou jus verts, ou même des jus de diffusion.

Dans la prise des densités par le Brix, on se servira de la table de correction des températures de Gerlach pour 27° 5 au lieu de 15° (voir page 103), à cause des températures ambiantes coloniales.

La teneur en sucre pour 100 grammes de jus sera déterminée comme pour le jus de betterave, en divisant le sucre °/₀ cm³ de jus multiplié par 100, par la densité exprimée en gramme par litre, et divisée elle-même par 10.

Exemple : soit 1072,5 le poids du litre de jus et 15,40 le sucre / cm³ de jus.

Le sucre °/₀ gr. sera :

$$\frac{100 \times 15,40}{107,25} = 14,35.$$

En multipliant ce chiffre par un coefficient, on a le sucre °/₀ gr. de cannes.

Sucre °/₀ gr. de cannes par la méthode indirecte. — La quantité de jus contenue dans la canne serait selon Biard, Delteil, Riffard, Pellet et d'autres de 90 °/₀.

Mais si on appliquait ce coefficient, on commettrait une erreur.

D'après Biard, c'est le coefficient 0,86 qui fournit les résultats les plus rapprochés de ceux qu'on obtient par le dosage direct du sucre dans la canne.

M. Biard [1] a calculé la table de la relation entre la densité du vesou et sa richesse saccharine.

M. H. Pellet recommande de vérifier le coefficient par l'analyse directe.

Supposons que l'on ait trouvé 12,44 par l'analyse directe ; et 14,46 par l'analyse indirecte en sucre °/₀ gr. de jus.

On aura :

$$\frac{12,44}{14,46} = 0,86.$$

Avant d'aborder la méthode directe de dosage du sucre dans la canne par le procédé de Zamaron, nous exposerons la suite des méthodes du comité de revision des analyses, méthodes adoptées par l'association des chimistes de Hawaï.

[1] Biard, *Bulletin de l'association des chimistes* (mars 1889).

Digitized by Google

Dosage du sucre [1]. — Le pour cent de sucre peut être calculé à l'aide de l'une des formules suivantes :

$$\frac{\text{Sucre } \% \text{ de jus normal} \times (100 - \text{ligneux } \% \text{ de la canne})}{100}$$

ou encore :

$$\frac{\text{Poids du sucre dans le jus mélangé} + \text{Poids du sucre dans la bagasse.}}{\text{Poids de canne.}}$$

Jus normal. Matières sèches totales. — On détermine la matière sèche du jus de canne normal d'après la moyenne de la matière sèche totale des jus provenant de différents jeux de cylindres et de celui de la bagasse, aucune rentrée d'eau n'ayant été effectuée. L'essai est conduit comme suit :

Toute l'eau ayant été enlevée, on prend un échantillon de jus et de bagasse provenant de chacun des jeux de cylindres, ainsi qu'un échantillon de canne. On détermine le Brix, la polarisation et la pureté des jus ainsi que la polarisation et l'humidité contenue dans l'échantillon de bagasse.

D'après le rapport du ligneux % de canne au ligneux % de bagasse, on calcule l'extraction en jus % de canne de chacun des jeux de cylindres, et de ce dernier ainsi que du Brix des jus (y compris le jus résiduaire de la bagasse finale), on déduit le Brix du jus normal.

Exemple :

Analyse de Jus	Brix	Polarisation	Pureté
Défibreur	21,4	19,4	90,7
Défibreur + Moulin n° 1. . .	21,3	19,3	90,6
Moulin n° 2	20,9	18,1	86,5
Moulin n° 3	21,1	18,1	85,7
Moulin n° 4	20,7	17,3	83,5

ANALYSES DES BAGASSES

	Saccharose %	Humidité %
Défibreur + Moulin n° I. . . .	10,1	54,1
Moulin n° II. . . .	9,2	41,9
Moulin n° III. . . .	8,3	46,0
Moulin n° IV. . . .	8,0	44,0

Ligneux dans la canne : 11,3 %.

Ligneux dans la bagasse :

(1) *Bulletin de l'association des chimistes de France et colonies*, janvier 1911.

Digitized by Google

$$\text{Défibreur} + \text{Moulin n° I} = 100 - \frac{10,1}{0,865} + 54,1 = 34,2.$$

$$\text{Moulin n° II} = 100 - \frac{9.2}{0,857} + 49,9 = 39,4.$$

$$\text{Moulin n° III} = 100 - \frac{8.3}{0,835} + 46,0 = 44,1.$$

$$\text{Moulin n° IV} = 100 - \frac{8,0}{0,835} + 44,0 = 46,4.$$

Jus extrait °/₀ de cannes :

$$\text{Défibreur et Moulin n° I} = 100 - \frac{11,3}{0,342} = 67,0.$$

$$\text{Moulin n° II} = 100 - \frac{11,3}{0,394} - 67 = 4,3.$$

$$\text{Moulin n° III} = 100 - \frac{11,3}{0,441} - (67 + 4,3) = 3,1.$$

$$\text{Moulin n° IV} = 100 - \frac{11,3}{0,464} - (67 + 4,3 + 3,1) = 1,2.$$

Jus total extrait p. 100 de cannes = 75,6.
Bagasse finale p. 100 de cannes = 100 — 75,6 = 24,4.
Jus dans la bagasse finale p. 100 de cannes = 24,4 — 11,3 = 13,1.

$$\text{Brix du jus résiduaire de la bagasse finale} = \frac{80 \times 100}{(100 - 46,4) + 0,835} = 17,9.$$

$$\text{Brix du jus normal} = \frac{67,0 \times 21,3 + 4,3 \times 20,9 + 3,1 \times 21,1 + 1,2 \times 20,7 + 13,1 \times 17,9}{100 - 11,3} = 20,7.$$

Rapport du Brix du jus normal au Brix du premier jus extrait :

$$= \frac{20,7}{21,4} = 0,967.$$

Cette méthode est recommandée comme la plus correcte pour la détermination de ce rapport et aussi parce qu'elle donne l'extraction en jus pour chaque moulin, ce qui permet de connaître les erreurs dans le travail des moulins.

On peut obtenir alternativement le Brix du jus normal et le rapport d'après les données suivantes : le ligneux °/₀ de canne, le Brix de tout le jus exprimé, le Brix du premier jus exprimé, l'humidité et le sucre de la bagasse finale, le calcul étant effectué comme il est indiqué ci-dessus. Dans l'emploi de cette méthode, il est absolument nécessaire de retirer du fond du moulin, du bac à jus, etc.,

Digitized by Google

tout le jus dilué qui peut s'y trouver avant de prélever un échantillon quelconque.

Dans le cas de la détermination du rapport, on peut prendre 100 lorsque la canne a été brûlée sur les champs lors de la coupe, ou qu'elle a été fortement imbibée d'eau pendant le transport [1].

Si la canne est saine, on pourra prendre 97.

b) *Pureté.* — La pureté du jus normal se détermine en prenant la moyenne de la pureté du jus mélangé avec celle du jus résiduaire de la bagasse finale. Dans ce cas, cette dernière doit être la même que la pureté du jus du dernier moulin. Le calcul peut être exprimé par la formule suivante :

$$\frac{\text{Jus extrait} \times \text{Pureté du jus mélangé} + (100 - \text{Jus extrait}) \times \text{Pureté du jus résiduaire}}{100}.$$

Par jus extrait on comprendra le jus extrait % du jus total de la canne et ainsi cette formule peut être considérée comme l'extraction % de sucre dans la canne.

c) *Saccharose* %. — La quantité de saccharose % de jus normal est exprimée par la formule :

$$\frac{\text{Brix du jus normal} \times \text{Pureté du jus normal}}{100}.$$

Jus. — Les échantillons du jus du défibreur ou du premier moulin, du jus du dernier moulin, du jus mélangé, du jus clarifié et du sirop doivent être prélevés d'une façon continue, quand cela est possible, et transvasés dans des récipients propres en y ajoutant 1 % de formaline. Le premier de ces échantillons doit être prélevé au défibreur ou, en l'absence de défibreur, au cylindre-avant du premier moulin. La densité doit être prise avec soin au moyen d'un Brix corrigé gradué à 27°5 ou avec un réfractomètre. Avant de prendre la

[1] Ces conditions de cannes brûlées ou imbibées d'eau sont spéciales à Hawaï : d'un côté, la main-d'œuvre étant assez rare dans ce pays, on facilite la coupe des cannes en mettant le feu aux champs par petites parties, ce qui débarrasse les tiges de la presque totalité de leurs feuilles ; il est certain que par ce procédé, la canne se trouve légèrement altérée.

D'un autre côté, le transport des cannes s'effectue souvent de la façon suivante : les champs, se trouvant au sommet de coteaux environnant l'usine qui est elle-même située dans la vallée, on creuse des tranchées dans la terre, et au moyen d'un fort courant d'eau les cannes descendent à l'usine dans ces tranchées ; celles-ci peuvent donc être assimilées aux transporteurs hydrauliques des sucreries de betteraves. Pour plus de détails sur ce sujet, voir plus loin la 3me Partie de cet ouvrage.

Digitized by Google

densité, le jus doit être privé d'air et, après repos, séparé à la fois des matières étrangères qui surnagent et de celles qui tombent au fond du récipient. La proportion °/₀ de ces matières solides dans le jus mélangé doit être terminé approximativement et déduite de son poids total.

Pour la détermination de la polarisation, le jus peut être pesé ou mesuré et, dans ce dernier cas, on en prélève soit 100 cm³, soit un volume correspondant au double poids normal à l'aide d'une pipette spéciale.

Pour la clarification on peut employer du sous-acétate de plomb à l'état sec ou en solution à 54° Brix, tout en ayant soin de n'ajouter que la quantité nécessaire à la clarification. Les échantillons de jus doivent être analysés au moins une fois toutes les six heures.

Dans la détermination de la saccharose °/₀ dans le jus mélangé, on opère comme suit : prendre 75 cm³ du filtrat provenant de 100 cm³ de jus, clarifier avec de l'acétate neutre de plomb, dans un flacon de 100 cm³, ajouter 5 cm³ d'acide chlorhydrique concentré et procéder comme il est indiqué plus loin pour les « mélasses épuisées » en n'ajoutant ni poudre de zinc ni sulfite de soude, et en calculant le °/₀ de sucre d'après la formule :

$$\frac{100\left(D - \frac{41}{3}\right)}{142{,}4 - \frac{t}{2}}.$$

et en se servant de la table de Schmitz (voir table XIX).

DOSAGE DIRECT DU SUCRE DANS LA CANNE, APPAREIL DE ZAMARON

Le dosage direct du sucre dans la canne s'effectue par une suite d'épuisements successifs à l'eau chaude. Pour amener la canne au degré de ténuité nécessaire à la pratique de ces épuisements, on commence par la couper avec un coupe-cannes.

Ce coupe-cannes, dans sa partie essentielle, n'est autre chose qu'un disque portant des couteaux, au nombre de quatre, dont l'inclination est réglable. On le fait tourner à la main ou par un moteur quelconque.

Il peut couper 50 kg. de canne en peu de temps, les rondelles qui sortent de l'appareil, analogues à des tranches de saucisson, ont ordinairement de 2 à 3 mm. d'épaisseur.

Digitized by Google

TABLE XIX. — *Polarisation pour les saccharimètres allemands* (Schmitz). *(sans sous-acétate de plomb)*

Degrés lus au saccharimètre	Degrés Brix de la solution et Poids spécifiques correspondants											Degrés lus au saccharimètre
	5 1,0197	6 1,0237	7 1,0378	8 1,0319	9 1,0360	10 1,0401	11 1,0443	11,50 1,0464	12 1,0485	12,50 1,0506	13 1,0528	
80												80
70												70
60												60
50											12,35	50
40							9,96	9,94	9,92	9,90	9,88	40
30				7,56	7,53	7,50	7.47	7,45	7,44	7,42	7,41	30
20	5,09	5,08	5,06	5,04	5,02	5,00	4.98	4,97	4,96	4,95	4,94	20
10	2,05	2,55	2,54	1,52	2,51	2,50	2,49	2,48	2,48	2,47	2,47	10
9	2,29	2,28	2,27	2,27	2,26	2,25	2,24	2,23	2.23	2,22	2,22	6
8	2,04	2.03	2,02	2,01	2,01	2,00	1,99	1,99	1,99	1,98	1,98	8
7	1,78	1.78	1,77	1,76	1,75	1,75	1.75	1,74	1,73	1,73	1,73	7
6	1,52	1,52	1,52	1,51	1,50	1,50	1,49	1,49	1,49	1,48	1,48	6
5	1,27	1,27	1,26	1,26	1,25	1,25	1,24	1,24	1,24	1,24	1,23	5
4	1,02	1,02	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0.99	0,99	4
3	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75	0,75	0,75	0,74	0,74	0,74	0,74	3
2	0,51	0.51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	2
1	0,26	0,25	0,25	0,25	0.25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1

Degrés	Sucre	Degrés	Sucre
0,1	0,03	0,6	0,15
0,2	0,05	7,7	0,17
0,3	0,07	0,8	0,20
0,4	0,10	0,9	0,22
0,5	0,12		

Degrés lus au saccharimètre	Degrés Brix de la solution et poids spécifiques correspondants											Degrés lus au saccharimètre
	13,50 1,0549	14 1,0570	14,50 1,0592	15 1,0613	15,50 1,0635	16 1,0157	16,50 1,0678	17 1,0700	17,50 1,0722	18 1,0744	18,50 1,0766	
80												80
70										16,95	16,92	70
60					14.68	14,65	14,62	14,59	14,56	14,53	14,50	60
50	12,33	12,30	12.28	12,25	12,23	12,20	12,18	12,15	12,13	12,10	12,08	50
40	9,86	9,84	9,82	9,80	9,78	9,76	9,74	9,72	9.70	9,68	9.66	40
30	7,39	7,38	7,36	7,35	7,33	7,32	7,30	7,29	7,27	7,26	7,24	30
20	4,93	4,92	4,91	4,90	4,89	4,88	4,87	4,86	4,85	4,84	4,83	20
10	2,46	2,46	2,45	2,45	2,44	2,44	2,43	2,43	2,42	2,42	2,41	10
9	2.22	2,21	2,21	2,20	2,20	2,19	2,19	2,18	2,18	2,18	2,17	9
8	1,97	1,97	1,96	1,96	1,95	1,95	1,95	1.94	1,94	1,93	1,93	8
7	1,72	1,72	1,72	1,71	1,71	1,71	1,70	1,70	1,70	1,69	1,69	7
6	1,48	1,47	1,47	1,46	1,46	1,46	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	6
5	1,23	1,23	1,23	1.22	1,22	1,22	1,22	1,21	1,21	1,21	1,21	5
4	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0.97	0,97	0,97	0,97	4
3	0,74	9,74	0,74	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,72	3
2	0,49	0,49	0,49	0,49	0,40	0,49	0,49	0,49	0,48	0,48	0,48	2
1	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	1

Degrés	Sucre	Degrés	Sucre
0,1	0,03	0,6	0,15
0,2	0,05	0,7	0,17
0,3	0,07	0,8	0.20
0,4	1,10	0,9	0,22
0,5	0,12		

Digitized by Google

Nous avons vu (dosage du ligneux) comment, en les étalant sur une table et en les mélangeant, on arrivait à avoir un échantillon moyen ; puis comment on en passait un certain poids, de 250 à 300 gr. dans un mortier de fonte ; puis la pulpe obtenue est mise dans un récipient couvert.

On en pèse alors 100 gr. dans le panier même de l'appareil Zamaron (fig. 334), formé d'un cylindre en cuivre, formant récipient, muni d'un robinet R. Dans ce cylindre en cuivre s'emboite un panier, c'est-à-dire un autre cylindre en cuivre, plus petit que le premier, et percé d'une multitude de petits trous, telle une passoire très fine. Une sorte de petit trépied ou de croisillon sépare le fond

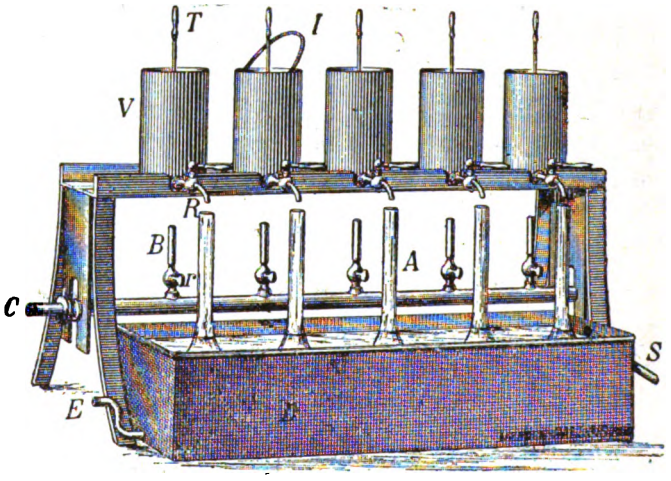


Fig. 334. — Appareil Zamaron.

extérieur du panier du fond intérieur du récipient, de manière à laisser entre eux deux l'espace nécessaire à l'écoulement des liquides.

L'élément formé par le cylindre et son panier reposent sur un support-table métallique, que l'on chauffe par dessous au moyen d'un bec à gaz de Bunsen.

Ce support, par son élévation, permet de placer sous le bec du robinet R un ballon de 1.000 cm³ qui plonge lui-même dans un réservoir où l'on peut faire passer un courant d'eau froide.

Enfin, une sorte de petit pressoir constitué par un disque de diamètre un peu inférieur à celui du panier et muni d'un manche, complète le tout.

Digitized by Google

On construit des appareils qui, offrant ce dispositif plusieurs fois répété, permettent de mener de front 5, 6 ou 8 ou 10 dosages.

Les 100 gr. de pulpe fine une fois pesés dans le panier en cuivre taré à cet effet, on place le panier dans le cylindre numéroté correspondant, puis on verse sur la pulpe 200 cm³ d'eau bouillante dans le récipient V de l'appareil, et on fait bouillir cette eau de 10 à 12 minutes.

On éteint le bec de gaz, on ouvre le robinet R, et on soutire le liquide dans le ballon de 1.000 cm³ dans lequel on a mis d'avance 10 ou 15 cm³ de sous-acétate de plomb à 28° B. afin de précipiter les matières organiques et d'éviter l'altération du liquide sucré.

Avec le petit pressoir on presse la pulpe afin d'expulser tout le liquide, et on incline un peu le cylindre pour le vider entièrement. On ferme le robinet, on verse une seconde fois 200 cm³ d'eau bouillante sur la pulpe, on traite comme la première fois, on recueille dans le ballon, et l'on complète celui-ci à la température de 20° C. à son volume de 1.000 cm³.

On agite, on filtre et on polarise au tube de 400 mm. Le nombre de degrés lus multipliés par :

0,815 pour le saccharimètre français à 16 gr. 29.
1,3024 pour le — allemand à 26 gr.

donne le sucre contenu dans 100 gr. de cannes.

Comme nous l'avons déjà dit, la pulpe épuisée desséchée donne le poids du ligneux.

Aucune altération ne se produit pendant l'ébullition. Mais, avec des cannes altérées par le borer, par exemple, dont la réaction est fortement acide, il convient de se servir d'eau bouillante alcaline, soit en y ajoutant un peu de chaux, soit en y ajoutant un peu de baryte.

Très souvent, au lieu de se contenter de 2 épuisements, on fait 6 épuisements : le 1er avec 200 cm³ d'eau bouillante, dans laquelle on a mis 1 cm³ de lait de chaux (sans sucre) par litre, le 2e avec 150 cm³ de cette même eau, et ainsi de suite jusqu'au 6e. On a ainsi environ 950 cm³ de liquide. On fait bouillir pendant quelques instants à chaque fois, et au dernier épuisement, on presse très fortement la pulpe avec le petit pressoir. Le reste comme il a été dit.

M. H Pellet remplace le sous-acétate de plomb par l'acétate neutre de plomb dont il met 4 cm³ dans le ballon ; il ne pèse que 50 gr. de

Digitized by Google

pulpe, et dit que si l'on veut peser 100 gr. il faut faire un plus grand nombre d'épuisements et arriver à un total de 1.500 cm³ avec 50 gr. avant de jauger au litre, M. Pellet ajoute 1 cm³ de sous-acétate de plomb, et complète avec de l'eau au litre. On agite, on filtre, on polarise au tube de 400 mm. Il suffit alors de multiplier la lecture par le dixième du poids normal.

D'autres chimistes font usage du procédé dit par lavages successifs qui est le même, mais sans appareil de Zamaron. On pèse 100 gr. de rondelles de canne, on les fait bouillir 10 minutes avec 200 cm³ d'eau additionnée d'un peu de carbonate de soude. On sépare le liquide par soutirage ou autrement; on ajoute 150 cm³ d'eau alcaline, on fait bouillir encore 10 minutes, etc., on répète 6 fois l'opération. On recueille tout le liquide dans un ballon de 1.000 cm³, on y ajoute 8 cm³ de sous-acétate de plomb. On fait refroidir, on jauge et l'on polarise au tube de 400 mm. Le calcul est le même que celui déjà indiqué pour le procédé de Zamaron.

ANALYSE DE LA BAGASSE. COSSETTES ÉPUISÉES DE DIFFUSION

1° *Bagasse.* — On prendra l'échantillon sur la bagasse sortant du dernier moulin ou bien on prendra sur toute la longueur du moulin et dans toute l'épaisseur de la bagasse : ou bien encore on prendra une poignée sur les 10 derniers paniers de bagasse produite par le dernier moulin. On mélangera et on hachera vivement une portion de l'échantillon moyen. On en pèsera 20 gr. dans un vase profond, tel un cylindre en fer blanc taré. On ajoutera 3 cm³ de sous-acétate et 300 cm³ d'eau. Maintenir ensuite à l'ébullition pendant 10 minutes; ajouter 5 gouttes d'une solution de carbonate de soude à 10 %; laisser refroidir et peser à nouveau — noter ce poids — puis filtrer et polariser au tube de 400 mm. Voici le calcul à faire : supposons que le cylindre taré pèse 310 gr., avec 20 gr. de bagasse il pèse 330 gr. On a ajouté l'eau, etc., fait bouillir et refroidir — alors :

Après refroidissement le tout pèse	616 gr.
Mais si on retranche :	330 gr.
Il reste en poids d'eau ajouté :	286 gr.

Cependant, la bagasse n'était pas sèche; elle contenait de l'eau qu'elle a apportée à la dilution.

Digitized by Google

Calculons cette eau. Pour cela, on admet que le ligneux entre dans la bagasse pour 45 °/₀ ; et que sa densité est de 1.000, donc que son poids est égal à son volume.

Par suite, pour 100 de bagasse il y a 55 °/₀ de jus, soit pour 20 gr. :

$$\frac{55 \times 20}{100} = 11 \text{ grammes.}$$

Donc aux 286 gr. d'eau ajoutée pour l'opération, il convient d'apporter encore 11 gr., apport fait par 20 gr. de bagasse. Et on a :

Eau de la dilution totale : 286 + 11 = 297 gr.

Soit maintenant 2°, 1 la lecture faite au polarimètre au tube de 400 mm.

On aura pour 200 mm. $\frac{2°,1}{2} = 1°,05$. Ce dernier chiffre est à multiplier par le centième du poids normal.

Admettons le polarimètre allemand qui sert beaucoup à Java. On a :

$$1,05 \times 0,26 = 0,273,$$

et pour rapporter à 100 cm³ de dilution : soit 20 gr. de bagasse :

$$\frac{0,2773 \times 297}{100} = 0,810 \text{ de sucre.}$$

Enfin pour 100 gr. de bagasse

$$0,810 \times 5 = 4,050 \text{ }_0/_0.$$

Pour rendre ce calcul plus juste on pouvait doser l'eau de la bagasse et déterminer le ligneux.

Dosage de l'humidité. — On dessèche 20 gr. de bagasse hachée, dans un petit plateau plat en fer blanc taré, dont le fond offre une surface de 1/2 dcm², porte à l'étuve à 100 pendant 5 heures.

Dosage du ligneux. — On pèse 10 gr. de bagasse provenant d'un échantillon de 24 heures, pris de 2 heures en 2 heures et conservé en vase clos.

On procède à l'extraction alcoolique dans un appareil de Soxhlet à l'alcool dénaturé ou rectifié. L'opération terminée, on retire le ligneux de l'appareil, on le sèche et on le pèse.

Analyse de la bagasse, 2ᵉ méthode. — On pèse 50 gr. de bagasse préparée comme il est dit pour la canne et on les introduit avec 5 cm³ de sous-acétate de plomb dans un flacon jaugé de 520 et 530

Digitized by Google

sur le col. L'espace compris entre ces deux jauges est divisé en cm³. Quand la bagasse contient 50 °/₀ d'humidité, on remplit le ballon avec de l'eau jusqu'au trait 525 cm³ ; on a ainsi 500 cm³ de liquide, les autres 25 cm³ sont occupés par la cellulose dont la densité peut être égale à 1. Si la bagasse contient 46 °/₀ d'eau, par conséquent 54 °/₀ de cellulose, on remplit d'eau le ballon jusqu'au trait 527 cm de manière à avoir 500 cm³ de liquide. L'échelle de 520 à 530 est suffisante pour toute espèce de bagasse dont la teneur en eau varie généralement de 45 à 55 °/₀.

Le ballon rempli, on chauffe pendant une demi-heure au bain-marie bouillant ; après refroidissement complet, on filtre.

Sur une partie du liquide on dose la glucose par la liqueur cuivrique ; sur une autre partie on dose le sucre cristallisable par la méthode Clerget en faisant l'observation dans un tube de 40 ou 50 et en appliquant la formule $P = \frac{P' + P}{144 - 1/2\, t} \times F$.

Les résultats sont multipliés par 10, car 100 cm³ de liquide correspondent à 10 gr. de bagasse (Dupont).

3ᵉ *Méthode.* — Prendre un échantillon bien gros et fort exact, le mélanger et le découper dans un hache-paille.

1° Doser l'eau dans 20 gr. de cette bagasse découpée ; on trouve par exemple eau °/₀ bagasse = 48,3.

2° Dans une capsule en porcelaine, peser 100 gr. de bagasse découpée, l'imbiber avec l'eau chaude, ajouter 5 centigr. d'une solution aqueuse de chaux, réchauffer pendant une heure et demie sans dépasser 90° C., laisser refroidir, neutraliser la chaux et ajouter de l'eau froide jusqu'à ce que le poids total de bagasse et de l'eau ajoutée = 1.300 gr. ; donc eau ajoutée = 1.200 gr. Presser la bagasse humide, remplir un ballon de 100-110 avec 100 cm³ de l'eau sucrée de la bagasse, ajouter 4 cm³ de sous-acétate de plomb, et enfin de l'eau distillée jusqu'au trait de 110. Polariser.

Soupposé qu'on lise au polarimètre, 1,7 degrés + 1/10 = 1,87 degrés ; il y a donc dans 100 cm³ de l'eau sucrée 26,048 + 1,87 = 0,427 gr. de sucre ; or la densité de cette eau sucrée est si minime qu'on peut dire 100 cm³ = 100 gr., d'où 0,427 gr. de sucre sur 100 gr. de l'eau sucrée.

En tout, il y a : eau ajoutée 1200 gr. dans 100 gr. de bagasse à 48,3 °/₀.

Digitized by Google

Eau : 1248,3 gr. à 0.427 gr. de sucre pour 100 gr. de l'eau sucrée = 5, 32 gr. de sucre, d'où :

Sucre °/₀ bagasse = 5,32 (1).

M. H. Pellet vient de publier au sujet du dosage du sucre dans la *bagasse* quelques renseignements complémentaires (2) que nous croyons intéressant de reproduire ici.

L'appareil primitif de M. S. Norris (fig. 335) possède un couvercle au milieu duquel se glisse une tige tenant une plaque métallique. Ce dispositif permet de procéder trois à quatre fois pendant la digestion à une pression sur la bagasse pour faciliter la diffusion du sucre ; mais l'appareil n'étant pas hermétique, il y a une perte de poids, ce qui exige cette pesée après l'opération.

Nous avons cherché à supprimer cette opération et ensuite à assurer l'exactitude de l'analyse même avec des bagasses qui ne seraient pas suffisamment divisées pour permettre une diffusion complète du sucre après une heure de chauffage.

Pour celà, nous avons donc mis : 1° un couvercle pouvant s'adapter sur le vase digesteur et s'y fixant complètement à l'aide de trois écrous mobiles et faciles à défaire ou à remettre ; une plaque de caoutchouc maintient la fermeture complète.

Il y a la même disposition pour faire pression sur la bagasse pendant la digestion. La tige étant à frottement léger et le chauffage étant seulement au bain-marie, il n'y a pas sensiblement perte d'eau à cet endroit, seulement 1 à 2 cm³, ce qui n'est rien pour le résultat final.

2° La bagasse est mise dans un panier en cuivre perforé analogue à celui qui est utilisé dans l'appareil Zamaron.

Ce dispositif permet de porter le tout sous une petite presse à vis, portant une plaque de métal du diamètre intérieur du panier.

Après le refroidissement de l'ensemble, on décante d'abord le liquide, puis on recueille le liquide fourni par la pression de la bagasse. On mélange le tout, et sur le liquide on fait le dosage du sucre en déféquant 200 cm³ de la solution par 2 cm³ de sous-acétate de plomb.

On polarise au tube de 400 mm. et l'on calcule le sucre °/₀ de bagasse d'après la polarisation et le poids normal du saccharimètre.

Pour activer l'opération, M. S. Norris a indiqué de faire usage de l'eau bouillante. Cela est exact et très pratique.

Nous avons reconnu que l'eau presque bouillante pesait sensiblement 485 grammes par 500 cm³.

(1) J. A. Maronier, *Bulletin de l'Ass. des Ch.*
(2) *Bull. Ass.* Déc. 1912.

Digitized by Google

A ce chiffre s'ajoutent les 50 gr. d'eau contenue en moyenne dans les 100 gr. de bagasse, soit au total 535 cm³ d'eau dans lesquels se trouve tout le sucre des 100 gr. de bagasse.

Supposons qu'on ait trouvé au polarimètre à 20 gr. de poids normal au tube de 400, la valeur de 7,3 degrés, cela fait

$$\frac{7.3 \times 0.20 \times 535}{100 \times 2} = 3{,}90 \text{ de sucre } \%_0 \text{ gr. de bagasse.}$$

Mais on voit qu'il est facile de modifier un peu le poids du volume d'eau pour avoir un résultat représentant le double de la richese. Il suffit de mettre la valeur de 450 gr. d'eau chaude ce qui donne, avec les 50 gr. d'eau de la bagasse, un volume total de 500 cm³.

Si donc on lit au tube de 400 le chiffre 7, 6 de polarisation, on a de suite la richesse en divisant le résultat par 2, soit 3, 8 %.

On peut encore polariser au tube de 200 et avoir la richesse directe, ce qui simplifie les opérations.

On n'a pas besoin de tenir compte de la pelite quantite de sous-acétate de plomb ajoutée pour la défécation et qui est compensée sensiblement par la faible perte de poids pendant la chauffage.

Ainsi donc, en ayant un saccharimètre à base de 20 gr. de poids normal, comme nous en avons déjà beaucoup en service dans des laboratoires de sucrerie de cannes et de betteraves, et avec l'appareil modifié de S. Norris et H. Pellet, on a rapidement et sans calcul ni tableau le sucre %₀ de la bagasse.

Avec les saccharimètres allemands à base de 26 gr. on peut arriver au même résultat en prenant un appareil pouvant contenir 130 gr. de bagasse, ou alors se contenter de 65 gr. de bagasse pour l'analyse, ce qui est encore acceptable, alors il suffirait de faire aussi 500 gr. d'eau totale et de lire au tube de 400 mm. pour avoir la richesse directe.

Si on pèse 130 gr. de bagasse, la lecture peut être faite directement au tube de 200 ou divisée par 2 si on a polarisé dans le tube de 400 mm.

Pour le chauffage du bain-marie, il suffit d'une lampe à alcool ou au gaz, pour chaque appareil.

Cependant, dans les sucreries où l'on doit faire plusieurs essais à la fois, on peut remplacer le chauffage séparé de chaque appareil par un chauffage à la vapeur ou par un grand bain-marie unique et ayant des ouvertures spéciales pour placer l'appareil à chauffer et en avoir par exemple trois chauffant ensemble, un étant prêt à être retiré, le second en plein chauffage et le troisième au début du chauffage.

Les ouvertures inutiles seraient bouchées à l'aide d'un couvercle comme dans les bains-marie à plusieurs cases. Chacun est libre de prendre des dispositions en conséquence.

Digitized by Google

Naturellement l'usage du tube continu de Pellet est tout indiqué pour la polarisation des liquides sucrés. Du reste, il est à peu près impossible maintenant dans une sucrerie qui fait un contrôle sérieux avec des analyses en quantité suffisante de ne pas avoir ce tube continu de plusieurs dimensions, notamment de 200 et de 400 mm.

En ce qui concerne la quantité d'analyses de bagasse à exécuter par jour, nous croyons qu'on doit procéder à un essai au moins par heure pour avoir une moyenne aussi exacte que possible, car malgré tous les soins pris pour avoir un travail très régulier, il y a des passages où le traitement de la canne laisse à désirer pour une ou plusieurs causes, et l'on aura par exemple les résultats ci-après pendant un poste de 12 heures :

Sucre % de bagasse :

3,50 — 2,80 — 3,10 — 3,20 — 3,80 — 2,90
4,00 — 3,30 — 3,30 — 4,20 — 4,0 — 3,50

Moyenne 3,45, alors qu'avec des analyses moins nombreuses on aurait pu avoir 3,90 ou 3,3.

Déjà quelques sucreries font faire une analyse de bagasse chaque demi-heure et ce pour chaque série de moulins. Par conséquent si l'on a 3 séries de moulins, cela fait près de 72 analyses par 24 heures. Il faut un matériel en conséquence.

Cependant, après quelques expériences on peut voir si les résultats diffèrent peu ou beaucoup d'une série à l'autre. Si les résultats diffèrent peu, on se contente d'une analyse chaque demi-heure en changeant à chaque fois de série. Il en est ainsi quand les séries sont constituées de la même manière. Parfois il n'est pas ainsi et alors on doit suivre chaque série à part.

Pour préparer les échantillons de bagasse il faut avoir des machines spéciales. Il y en a de plusieurs sortes. La machine utilisée à Hawaï est la machine construite par la Athol machine Co de Massachusetts (Etats-Unis d'Amérique). C'est un hache-viande spécial qui fonctionne à la main et qui est analogue au hache-légumes indiqué il y a près de 25 ans par MM. H. Pellet et L. Biard (1) pour hacher la pulpe épuisée des betteraves et même la cossette fraîche. On peut avoir une disposition spéciale actionnant mécaniquement l'appareil. Nous avons vu de la bagasse divisée avec cet appareil, c'est suffisant.

Il y a un autre appareil qui est employé à Java notamment et qui est construit par MM. Boot et Kranz, à La Haye. Cet appareil fonctionne par poulie et fournit une bagasse divisée à peu près identique ; cependant

(1) *Agenda du fabricant de sucre.*

Digitized by Google

il est réglable, c'est-à dire que l'on peut modifier à volonté la grosseur de la bagasse divisée. La quantité produite est réduite, voilà tout.

Du reste pour l'analyse de la bagasse il faut prendre d'abord un échantillon sur le transporteur en prenant la bagasse sur toute la hauteur de la couche et en enlevant une partie tantôt au milieu, tantôt sur un côté, tantôt sur un autre.

Admettons la valeur de 7 à 8 kg. de bagasse ainsi échantillonnée, on la verse sur une toile autant que possible imperméable et on la mélange bien et rapidement. Au besoin, on divise quelques morceaux très grossiers. On étale la masse en un carré et on prend un échantillon au milieu et sur chaque côté, le tout représentant 2 kg. de bagasse à passer dans les machines en usage. Il faut peu de temps pour avoir la division complète. On reçoit la bagasse divisée dans un vase spécial, on mélange bien et l'on en pèse le poids voulu pour l'analyse.

On doit chercher à opérer le plus rapidement possible pour éviter la dessiccation de la bagasse pendant les opérations et, au besoin, recevoir la bagasse divisée dans une boite presque fermée et en protégeant la matière divisée, dès sa sortie de l'appareil, contre la dessiccation. Ceci est important, car de cet échantillon dépend tout le calcul de la perte à l'extraction, par suite du dosage de l'humidité qu'on éxécute sur lui afin de déterminer la proportion de bagasse % de cannes. Si, pour des raisons spéciales, on croit qu'il y a une dessication impossible à éviter, on fait le nécessaire pour la déterminer et en tenir compte.

Il est probable qu'une nouvelle machine à diviser la bagasse soit construite pour préparer de la bégasse beaucoup plus fine que toutes celles que l'on a maintenant. Nous avons pu voir un échantillon produit par un appareil d'essai et il est possible pue l'on pourra obtenir *l'analyse de la bagasse à froid*, comme nous avons indiqué l'analyse de la pulpe de betterave (fraîche ou épuisée) par la diffusion instantanée et à froid.

Si on ne parvient à un tel résultat avec la canne, il est à présumer cependant qu'il suffira de mettre de l'eau bouillante avec la bagasse très divisée en contact pendant une heure et de laisser refroidir en agitant de de temps en temps, mais sans besoin de chauffer, ce serait une très grande facilité dans les opérations pratiques des laboratoires de sucreries de cannes.

Dosage direct du sucre dans la canne fraîche. — Le même appareil S. Norris et H. Pellet peut servir à doser le sucre dans la canne qui a éte divisée, notamment par les coupes-cannes dont on fait usage dans les sucreries où est la diffusion direct de la canne, ou bien sur des cossettes-lamelles ou rondelles de cannes obtenues par certains appareils dits coupe-cannes et qui, en effet, coupent très rapidement une canne en petits mor-

Digitized by Google

ceaux. Ces lamelles ou rondelles doivent être écrasées dans un mortier de fer, le tout mélangé et l'on analyse la matière comme s'il s'agissait de la bagasee épuisée. Mais alors là le volume final doit être exactement connu, vu la concentration de la liqueur. Alors dans ces conditions on doit doser l'eau dans la rondelle fraîche et peser l'appareil après chauffage et refroidissement pour avoir le volume exact de l'eau dans lequel le sucre s'est réparti.

Nous avons fait des essais au moyen du nouvel appareil que nous décrivons en comparant les résultats avec ceux fournis par l'appareil Zamaron. Les chiffres ont été légèrement différents, tantôt en plus tantôt en moins, mais la moyenne a été tout à fait semblable après 8 essais. Il en est de même pour les dosages de sucre dans les lamelles ou rondelles fraîches.

Dosage de l'eau dans la bagasse. — Pour connaître la perte en sucre % de cannes, il faut arriver à savoir la quantité de ligneux que contient la la bagasse. Pour cela on doit avoir l'eau, le sucre, on calcule la matière étrangère et on a la proportion de fibre.

On peut également doser la fibre directement en séchant le résidu de l'extraction du sucre à l'appareil Zamaron, mais l'analyse indirecte est suffisante pratiquement en tenant compte de la pureté du jus restant dans la bagasse finale. Pour ce dosage de l'eau, il suffit de prendre 50 grammes de cette bagasse divisée, préparée pour le dosage du sucre; on utilise pour cela un panier spécial en toile métallique, grossière sur les côtés et fine en dessous. Ces paniers sont numérotés et très solides. Ils sont de dimension voulue pour être placés dans une étuve, soit 4 l'un à côté de l'autre et sur 2 rangées, soit 8 par étage. Avec une étuve à 3 étages, cela fait la place de 24 paniers.

Mais ces paniers n'ont pas toujours le même poids et cela complique les opérations, surtout quand elles sont nombreuses.

Pour avoir les paniers toujours du même poids, afin de n'avoir qu'une tare, nous avons fait placer au-dessous de chaque panier une petite boîte se fermant avec un couvercle à baïonnette. Dans cette petite boîte on place de la grenaille de plomb pour équilibrer tous les paniers à la même tare. C'est très pratique et très commode et évite bien des erreurs en opérant autrement c'est-à-dire avec un poids pour chaque panier.

Puis l'étuve est chauffée par divers moyens; actuellement dans plusieurs usines on a le chauffage électrique avec régulateur. Tout cela fonctionne parfaitementr

Quant à la durée de la dessiccation, on peut dire qu'elle est en général terminée après 5 heures, mais enfin il est bon de vérifier si elle est complète par 2 pesées et parfois une troisième. Les pesées se font sur de petites balances Roberval de la force de 500 gr. et qui sont sensibles à

Digitized by Google

0 gr. 05, ce qui est très suffisant pour ce genre d'opération. On peut facilement chauffer l'étuve jusqu'à 110° sans inconvénient.

Procédé d'analyse des bagasses de l'association des chimistes de Hawaï. — Pour terminer, il reste à citer le procédé d'analyse des bagasses de l'association des chimistes de Hawaï dont nous avons déjà exposé les méthodes pour d'autres analyses.

Bagasse. — a) *Echantillonnage.* — Prendre une fois par heure un échantillon de bagasse immédiatement à la sortie du dernier moulin dans toute la longueur du cylindre et toute l'épaisseur de la bagasse, de façon à avoir un poids voisin de 1 kg. Mélanger le tout à la main pendant une demi-minute dans un récipient profond pour éviter l'évaporation de l'eau ; en rejeter environ la moitié, couvrir le récipient et porter le reste au laboratoire. Diviser tout l'échantillon en petites parcelles de façon à ce qu'aucune d'elles n'ait un diamètre supérieur à 6 mm.

b) *Humidité.* — Peser 50 ou 100 gr. de bagasse, les étaler en couche mince (de 0 m. 02 ou moins) sur un plateau, porter le tout dans une étuve à air à 125° C., pendant 3 heures, peser rapidement et calculer l'humidité d'après la perte de poids.

c) *Saccharose.* — Peser 100 gr. de bagasse primitive divisée dans le récipient intérieur du digesteur (voir fig. 335). Ajouter environ 500 cm³ d'eau chaude additionnée de 5 cm³ d'une solution de carbonate de soude à 5 %. Pressurer la bagasse dans la solution et placer le récipient dans le digesteur contenant de l'eau bouillante. Faire digérer pendant 1 heure, mélanger tous les quarts d'heure en faisant pression sur la bagasse au moyen du disque et en utilisant entre temps ce dernier comme couvercle. Ne pas ajouter d'eau. Laisser le mélange se refroidir un peu et peser. Filtrer dans un ballon et à travers une toile, autant de solution qu'il est possible d'en exprimer de la bagasse, laisser refroidir à la température du laboratoire, verser 99 cm³ de la solution dans un flacon de 100 cm³, compléter à 100 cm³ avec une solution de sous-acétate de plomb, filtrer, polariser au tube de 400 mm. Déduire au moyen de la formule donnée plus loin, la polarisation de la bagasse, correspondant à la lecture. Si l'on emploie un tube de 200 mm. la lecture devra être doublée.

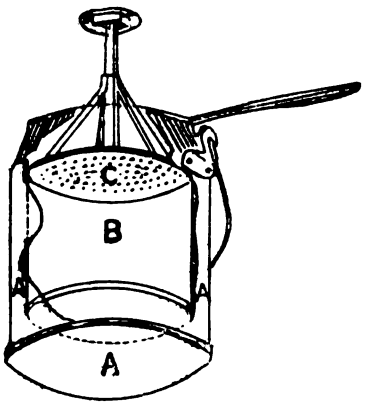


Fig. 335.

Digitized by Google

Digesteur pour le dosage de la bagasse. — L'appareil comprend trois parties [1] : A. Récipient cylindrique externe servant de bain-marie bouillant et ayant 15 cm² de hauteur et 13 cm² de diamètre.

B. Récipient cylindrique interne dans lequel on place l'échantillon, et ayant 11 cm² de haut et 11 cm² de diamètre, muni d'un manche droit et d'un rebord à la partie supérieure au moyen duquel il repose sur le récipient extérieur.

C. Disque métallique lourd, percé de nombreux trous et muni d'un manche rigide, permettant de presser la bagasse. Ce disque doit pénétrer dans le récipient intérieur à frottement dur, de façon à ce qu'il puisse servir de couvercle quand on ne s'en sert pas pour presser la bagasse.

Dans le cas où l'on ne posséderait pas cet appareil spécial pour la digestion de la bagasse, peser 50 gr. de l'échantillon dans un vase muni d'un couvercle, ajouter 500 cm³ d'eau contenant 2 cm³ d'une solution de carbonate de soude à 5 °/₀, faire bouillir pendant une heure, mélanger la solution soigneusement tous les quarts d'heure et continuer comme ci-dessus.

On peut employer, si l'on préfère, un ballon relié à un réfrigérant au moyen d'un tube de caoutchouc, de façon à pouvoir agiter facilement.

Formule :

$$\frac{R\,(W - f)}{2 \times 3{,}8 \times 100} = \text{polarisation}$$

dans laquelle :

R = Lecture ou tube de 400 mm.

W = Poids de la bagasse et de la solution correspondant à 100 gr. de bagasse.

f = Ligneux °/₀ de bagasse.

Pour ce dernier chiffre, on prendra 50, ce qui ne constitue qu'une faible erreur, étant données les variations habituelles de la teneur en ligneux.

d) *Brix du jus résiduaire.* — On peut le calculer à l'aide de la formule suivante :

$$\frac{\text{Polarisation de la bagasse}}{(W - f)\ \text{Pureté du jus résiduaire}}$$

dans laquelle la pureté du jus résiduaire est considérée comme étant la même que celle du jus du dernier moulin.

Pour W et f, voir la formule précédente.

[1] *Bulletin* n° 32. *Agricultural and Chemical Serie*, Experiment Station Hawaïan Sugar Planters Association. Bagasse Analysis. Détermination du sucre et de l'humidité, par R.-S. Norris.

Digitized by Google

e) *Ligneux.* — Le ligneux peut être déterminé soit directement, soit calculé par différence. Si on a l'habitude de le calculer, il est bon néanmoins de contrôler à l'occasion les résultats obtenus par une détermination directe.

ANALYSE DES COSSETTES ÉPUISÉES DE DIFFUSION DE CANNES

A la diffusion, 100 kg. de cannes donnent 100 kg. de cossettes, le jus de la canne ayant été remplacé par une même quantité d'eau. Du moins on admet ces chiffres, qui ne peuvent être absolument exacts puisque le jus de la canne a une densité supérieure à celle de l'eau.

De même que nous avons pu calculer la quantité de cossettes épuisées que donnent 100 kg. de betteraves, de même nous pouvons calculer la quantité de cossettes sortant du diffuseur et provenant de 100 kg. de cannes.

En effet, on sait que 100 kg. de cannes contiennent de 10 à 11 % de ligneux et par conséquent environ 90 % de jus. Soit d la densité de ce jus : le volume de 90 kg. de jus sera :

$$V = \frac{90 \times 100}{100 + d}.$$

Prenons $d = 6,8$; nous aurons :

$$V = \frac{90 \times 100}{100 + 6,8} = \frac{90 \times 100}{106,8} = 84 \text{ l. } 2.$$

Donc, on a substitué, par la diffusion, à 90 kg. de jus naturel 84 l. 2 d'eau. Mais 84 l. 2 d'eau font 84 kg. 2, la densité de l'eau étant 1 par définition.

Or,

$$90 \text{ kg.} - 84 \text{ kg. } 2 = 5 \text{ kg. } 8$$

et 100 kg. de rondelles de cannes transformées en cossettes pèseront :

$$100 - 5 \text{ kg. } 8 = 94 \text{ kg. } 2$$

pour des cannes à 6,8 de densité de jus.

Ceci montre en passant, que tous les calculs que nous avons donnés touchant la diffusion des betteraves, y compris le calcul des pertes, s'applique à la diffusion de cannes. Il n'y a de changé que les proportions de jus par rapport à 100 du produit naturel.

Digitized by Google

Quoiqu'il en soit, on s'est pratiquement contenté jusqu'à présent croyons-nous, de compter 100 gr. de cossettes épuisées non pressées, pour 100 gr. de cannes mises en œuvre.

Pour doser le sucre, M. Zamaron a inventé une méthode originale. C'est une méthode indirecte.

Il prend 100 cm³ de jus de cossettes hachées et pressées et dans un ballon spécial qui porte son nom, il complète à 123 cm³ 50 en ajoutant 10 cm³ de sous-acétate, 10 cm³ d'une solution de sel et 3 cm³ 50 d'eau.

On agite, on filtre, on lit au tube de 400 mm. et le chiffre lu divisé par 10 donne le résultat cherché.

Le calcul est simple : Soit P le poids normal.

Nous prenons 100 cm³ de jus, et nous allons chercher à quelle dilution il faut les porter pour qu'en lisant au tube de 400 mm. nous puissions avoir 10 fois la valeur en sucre du jus.

Soit D la déviation à lire au tube de 400 mm.

Soit X le volume à ajouter aux 100 cm³ de jus pour obtenir le résultat cherché.

On a :

$$\frac{\left(\frac{D}{2} \times \frac{P}{100}\right)(100 + X)}{100} \times 10 = D$$

ou plus simplement :

$$\frac{\left(D \times \frac{P}{100}\right)[100 + X]}{20} = D ;$$

d'où l'on tire :

$$100\,D \times \frac{P}{100} + \frac{P}{100} \times D \times X = 20\,D$$

ou :

$$P + \frac{P}{100} X = 20 ;$$

d'où :

$$X = \frac{20 - P}{\frac{P}{100}}.$$

Pour le poids normal de	16,07	X = 24 cm³ 4
» »	16,19	X = 23 cm³ 5
» »	16,24	X = 23 cm³ 5
» »	16,29	X = 22 cm³ 8 etc.

On fait aussi des ballons de 200 cm³, avec en plus le double des volumes ci-dessus, selon les poids normaux que l'on emploie.

Digitized by Google

ANALYSE DES EAUX DE VIDANGE ET DES PETITES EAUX DE DIFFUSION

Ces analyses se font comme pour un jus de cossettes.

On en prend un ballon à 100 cm³, puis on ajoute 2 ou 3 cm³ de sous-acétate de plomb, autant de solution de sel marin, et on complète à 123 cm³, on agite, on filtre, on lit au tube de 400 mm. On divise le résultat par 10 ; on a le chiffre cherché exactement comme pour l'analyse des cossettes. Les cossettes épuisées sont pressées dans un moulin qui remplace les presses Bergreen ou Klusemann de la sucrerie de betteraves. On analyse encore de la même façon les eaux qui sortent de ce moulin.

L'analyse de ces eaux contrôle l'analyse indirecte des cossettes épuisées, tout comme dans la sucrerie de betteraves.

DOSAGE DU SUCRE DANS LES ÉCUMES. POIDS DES ÉCUMES

Les écumes forment, en général, de beaux tourteaux ; en pesant deux ou trois de ces tourteaux à leur sortie des filtres-presses, on obtiendra la quantité d'écumes pour un poids donné de cannes.

Analyse. — On prélève, sur un des tourteaux, un petit échantillon, on mélange bien tout l'échantillon prélevé, on pèse le poids saccharimétrique d'écumes, que l'on introduit dans une capsule de porcelaine ; on triture la masse avec un peu d'eau et on la fait passer dans un ballon 100-110 ; on ajoute quelques gouttes de sous-acétate de plomb, on filtre, on fait la lecture saccharimétrique ; on multiplie les degrés lus pas 0,95 pour tenir compte du volume occupé par la partie insoluble, le chiffre obtenu représente le tant pour cent de sucre.

Voici maintenant la méthode de la Commission des chimistes de Hawaï.

Ecumes. — Lorsqu'une presse est pleine, prélever quatre échantillons d'écumes à différents endroits de la presse et à diverses parties du tourteau ; les placer dans un récipient fermé et en faire l'analyse une fois toutes les six heures. Pour effectuer la polarisation, l'échantillon est divisé en petits morceaux de 25 gr. environ dont on fait une pâte diluée avec un peu d'eau froide ; on transvase le tout dans un flacon de 100 cm³ et on polarise après addition de 3 cm³ de sous-acétate de plomb.

Digitized by Google

DOSAGE DU SUCRE DANS LES PETITS JUS OU EAUX DE LAVAGE DES TOILES

Filtration. — Lorsque l'on filtre les jus déféqués, on doit prendre le volume des eaux de lavage des toiles et rechercher la quantité de sucre contenu dans ces eaux, comme on le fait en volume pour les petits jus analogues de betteraves.

Poids des masses cuites. — A Cuba, la masse cuite, sortant de l'appareil à cuire, est reçue dans des wagonnets contenant environ 7 hectolitres ; il est alors facile, avant de jeter la masse cuite dans le malaxeur, de la peser : mais ce procédé est encore peu répandu et, en général, on évalue le poids de la masse cuite par son volume ; ce mode de procéder est sujet à un grand nombre d'erreurs.

Nous ne décrirons pas la méthode d'analyse des masses cuites, mélasses et sucres, ce sujet ayant été traité d'une façon très complète pour la betterave.

On peut encore, au lieu de faire des solutions à 6 fois le poids normal, prendre des solutions à 50 gr. dans 500 cm³ d'eau distillée ou à 100 gr. dans 500 cm³, comme le fait M. Saillard pour l'analyse des égouts, masses-cuites, etc.

Les mêmes opérations, formules, calculs, s'appliquent, quant à la forme générale à ces dilutions, dont seul le pourcentage initial est différent. Il nous paraît inutile d'insister.

*
* *

Nous allons terminer par la suite de l'exposé des méthodes de la Commission de l'association des chimistes de Hawaï.

Mélasses épuisées. — Toutes les mélasses doivent être pesées ou mesurées. On prendra un échantillon de chaque bac une fois celui-ci rempli, et l'échantillon moyen sera analysé une fois par semaine.

a) *Matières sèches.* — On peut les déterminer par dessiccation ou au moyen du réfractomètre. Ces méthodes sont données provisoirement, quant à présent et sans indiquer de préférence pour l'une ou pour l'autre, la Commission ne s'étant pas encore prononcée sur la méthode la plus exacte. La dessiccation s'effectue à l'aide de papier filtre, de sable ou de pierre ponce par l'une des méthodes suivantes :

1. Placer environ 2 gr. de papier filtre, roulé en forme de serpentin, dans un tube à essai de 12 cm³ 5 × 2 cm³ 5 et dessécher le tout pendant deux heures environ dans une étuve à air à 100-105° C. Après avoir pesé, on retire le papier du tube, on y pèse environ 2 gr. de mélasse, on ajoute environ 2 cm³ d'eau chaude et on mélange avec la mélasse. Le papier est replacé dans le tube de façon à ce qu'il puisse absorber la totalité du li-

Digitized by Google

quide. Le tube est alors bouché au moyen d'un bouchon à deux trous, placé dans un bain-marie dont on maintient l'eau à l'ébullition pendant trois heures, un léger courant d'air, desséché à l'aide de chlorure de calcium ou d'acide sulfurique passant à travers le tube. Ce dernier est essuyé, refroidi dans un dessiccateur et pesé. Le poids final est soustrait du poids primitif du tube, y compris le papier et la mélasse, et on obtient ainsi le poids de matières sèches.

2. On dispose environ 15 gr. de silice, de finesse moyenne et lavée à l'acide chlorhydrique, ou la moitié de ce poids de pierre ponce grossièrement pulvérisée dans une capsule plate munie d'un petit agitateur ; on chauffe suffisamment pour enlever toute humidité. Après refroidissement et pesée, on pèse 3 gr. environ de mélasse dans la capsule, on ajoute 1 cm³ d'eau chaude et on mélange soigneusement le liquide avec le sable. On chauffe alors, de préférence dans une étuve à vide vers 75° C. ou dans une étuve à air vers 100 — 105° C. pendant cinq heures, on refroidit dans un dessiccateur et on pèse. Le poids trouvé, diminué du poids de la capsule et du sable, donne le poids de matières sèches.

Si l'on emploie le réfractomètre pour la détermination des matières sèches dans les mélasses, on en pèse 25 cm³ dans une petite capsule, et on les fait passer en délayant avec un peu d'eau distillée (25 gr.) dans un flacon taré. On mélange, on laisse refroidir et on obtient la quantité de matières sèches totales en multipliant par 2 le résultat fourni par le réfractomètre.

b) *Saccharose.* — On le détermine par la méthode Tervooren-Clerget de la façon suivante : dissoudre 35 gr. 816 de mélasse dans 250 cm² d'eau, ajouter 40 cm³ d'acétate basique et filtrer. A 50 cm³ du filtrat, ajouter 1 cm³ d'une solution saturée de sulfate d'aluminium (¹), compléter à 55 cm³, filtrer et polariser au tube de 200 cm². La lecture multipliée par deux donne la polarisation directe. A 75 cm³ du filtrat primitif, ajouter (dans un flacon de 100 cm³) 5 cm³ d'acide chlorhydrique concentré et porter au bain-marie à 69° C. Placer un thermomètre dans la solution de façon à s'assurer que celle-ci atteigne 67 à 69° en trois minutes ; maintenir à cette température pendant cinq minutes, enlever du bain-marie et refroidir rapidement. Ajouter lentement une quantité de poudre de zinc un peu plus que suffisante pour précipiter le plomb, quelques cristaux de sulfite de sodium, amener à la température à laquelle a été faite la polarisation directe et compléter avec de l'eau ayant même température. Filtrer, polariser la solution dans un tube de 200 mm. à double enveloppe et à circulation d'eau, et noter la température avec soin (elle ne devra pas différer de plus de 1° avec celle de la polarisation directe). Calculer le pour cent

(¹) *Bulletin* n° 31. *Agricultural and chemical series* Experiment Station H. S. P. A. p. 10.

Digitized by Google

de saccharose d'après la formule :

$$\text{Sucre pour cent} = \frac{100\left(2\,D - \frac{8}{3}\,I\right)}{142 - \frac{t^o}{2}}$$

dans laquelle :

D = Polarisation directe.
I = Polarisation après inversion.
t^o = Température au moment de la polarisation.

Exemple :

Lecture directe. . . . 16,0
Lecture après inversion . — 5,9 température 27,6° C.

$$\text{Saccharose pour 100} = \frac{100\,(32{,}0 + 15{,}7)}{142 - 13{,}8} = 37{,}2.$$

Sucre but. — Prélever quelques grammes de sucre dans chaque sac dès leur remplissage et les placer dans un récipient fermé. Toutes les douze heures cet échantillon moyen est porté au laboratoire et soigneusement mélangé. On y détermine les teneurs en sucre et en humidité.

a) *Polarisation et saccharose pour cent.* — Dissoudre le poids normal de sucre dans un flacon de 100 cm³, ajouter 1 ou 2 cm³ de plomb, compléter à 100 cm³ ou bien, une fois le sucre dissous, compléter à 100 cm³ et ajouter environ 0 gr. 5 de sous-acétate de plomb sec. Filtrer, polariser au tube de 200 mm.

Dans un flacon de 100 cm³ prélever 50 cm³ d'un filtrat obtenu comme ci-dessus, mais clarifié avec de l'acétate neutre de plomb, ajouter 5 cm³ d'acide chlorhydrique concentré et faire l'inversion comme il a été indiqué pour les mélasses, sans toutefois mettre de poudre de zinc ; lire au tube de 200 mm. La saccharose pour cent est calculée par la formule suivante :

$$\text{Saccharose pour cent} = \frac{100\,(D - 2\,I)}{142{,}60 - \frac{t^o}{2}}$$

dans laquelle les différentes lettres ont la même signification que dans la formule des mélasses.

b) *Humidité.* — Peser environ 2 gr. de sucre dans un double verre de montre avec pince à ressort, et chauffer dans une étuve à air à 100-105° C. pendant trois heures ; les verres de montres sont alors placés ensemble, mis à refroidir dans un dessiccateur et pesés. On calcule, d'après la perte de poids le pour cent d'humidité du sucre.

Digitized by Google

Détermination de la glucose

La méthode gravimétrique est à recommander de préférence pour les déterminations de la glucose, et le cuivre, dans le précipité, est déterminé électrolytiquement ou volumétriquement.

Polarisations. — Généralités

Tous les appareils doivent être jaugés en centimètres cubes Mohr et à 27,5° C. Les plaques de quartz employées pour le contrôle des polarimètres doivent être essayées comparativement avec celles de la station expérimentale de l'« Hawaïan Sugar Planters Association ».

Calculs

1° *Dilution.* — On entend par là le °/₀ d'eau en poids, ajouté au jus normal extrait ; il est calculé à l'aide de la formule :

$$\frac{\text{Brix du jus normal} \times 100}{\text{Brix du jus mélangé}} - 100.$$

2° *Extraction.* — Ainsi qu'il est d'usage à Hawaï, cette expression se rapporte à l'extraction °/₀ de saccharose dans la canne, ce qui correspond au °/₀ de saccharose dans la canne obtenu dans le jus mélangé. Quand les poids de canne et de jus mélangé sont connus, on effectue le calcul au moyen de la formule :

$$\frac{\text{Saccharose °/₀ de jus mélangé} \times \text{Poids du jus mélangé}}{\text{Saccharose °/₀ de canne} \times \text{Poids de canne}}.$$

Quand les poids ne peuvent pas être déterminés d'une façon certaine, on peut les calculer d'après les formules :

$$\text{Bagasse °/₀ de canne} = \frac{100 \times \text{Ligneux °/₀ de canne}}{\text{Ligneux °/₀ de bagasse}}.$$

$$\text{Saccharose dans la bagasse °/₀ de canne} =$$

$$\frac{\text{Bagasse °/₀ de canne} \times \text{Saccharose °/₀ de bagasse}}{100}.$$

Extraction °/₀ de canne = sucre °/₀ de canne — saccharose de la bagasse °/₀ canne.

$$\text{Extraction °/₀ de saccharose dans la canne} =$$

$$\frac{\text{Extraction °/₀ de canne} \times 100}{\text{Saccharose °/₀ de canne}}.$$

Digitized by Google

3° *Jus extrait °/₀ de jus dans la canne.* — On peut le calculer par les formules :

$$\text{Matières sèches °/₀ de bagasse} = \frac{\text{Saccharose °/₀ de bagasse} \times 100}{\text{Pureté du jus résiduaire}}.$$

$$\text{Jus extrait °/₀ de jus dans la canne} =$$

$$100 - \frac{100 \times \text{Bagasse °/₀ de canne} \times \text{Matières sèches °/₀ de bagasse}}{\text{Brix du jus normal } (100 - \text{Ligneux °/₀ de canne})}.$$

4° *Jus extrait °/₀ de canne.* — On peut le calculer par la formule :

$$\text{Jus extrait °/₀ de canne} =$$

$$\text{Jus extrait °/₀ de jus dans la canne} \times (100 - \text{Ligneux °/₀ dans la canne}).$$

5° *Jus mélangé °/₀ de canne.* — On peut calculer par la formule :

$$\frac{\text{Jus extrait °/₀ de jus dans la canne} \times \text{Brix du jus normal} \times (100 - \text{Ligneux °/₀ de canne})}{100 \times \text{Brix du jus mélangé}}.$$

Exemples

Premier jus exprimé :	Brix	21,3
Jus mélangé . . .	Brix	16,8
—	Polarisation.	15,1
—	Pureté	90,0
Jus résiduaire. . .	Pureté	83,5
Extraction °/₀ de sucre dans la canne (approximativement)		94
Canne	Ligneux	11,3
Bagasse.	Humidité.	48,5
—	Polarisation.	4,3

$$\text{Coefficient } \frac{\text{Brix du jus normal}}{\text{Brix du premier jus exprimé}} = 97.$$

Jus normal :

$$\text{Brix} = \frac{21,3 \times 97,0}{100} = 20,7.$$

$$\text{Pureté} = \frac{(94 \times 90) + (6 \times 83,5)}{100} = 89,6.$$

$$\text{Saccharose} = \frac{20,7 \times 89,6}{100} = 18,5.$$

Canne :

$$\text{Sucre} = \frac{18,5\,(100 - 11,3)}{100} = 16,4.$$

Digitized by Google

Bagasse :

$$\text{Matières solubles} = \frac{4{,}3 \times 100}{83{,}5} = 5{,}1.$$

$$\text{Ligneux} = 100 - (48{,}5 + 5{,}1) = 46{,}4.$$

$$\text{Saccharose dans la bagasse } \%_0 \text{ de canne} = \frac{24{,}4 \times 4{,}3}{100} = 1{,}0.$$

$$\text{Extraction } \%_0 \text{ de canne} = 16{,}4 - 1{,}0 = 15{,}4.$$

$$\text{Extraction } \%_0 \text{ de saccharose dans la canne} = \frac{15{,}4 \times 100}{16{,}4} = 93{,}9.$$

$$\text{Jus extrait } \%_0 \text{ de jus dans la canne} = 100 - \frac{100 \times 24{,}4 \times 5{,}1}{20{,}7\,(100 - 11{,}3)} = 93{,}2.$$

$$\text{Jus extrait } \%_0 \text{ de canne} = 93{,}2 \times 0{,}887 = 82{,}7.$$

$$\text{Jus mélangé } \%_0 \text{ de canne} = \frac{93{,}2 \times 20{,}7 \times 88{,}7}{100 \times 16{,}8} = 101{,}9.$$

Vœux et Résolutions

1° *Polarisation des sucres.* — L'Association des Chimistes de Hawaï désire qu'il soit bien établi que la rotation spécifique du « sucre de canne » décroît en même temps que la température augmente et que pour un poids de 26 gr. 048 dans 100 cm³ Mohr à 30° C, observé à cette température à la lumière blanche, on obtienne une polarisation égale à 97,7 (appareil à quartz compensateur).

Cependant, puisque cet effet de la température est le même pour tous les produits de l'usine, on n'introduit aucune erreur dans le contrôle du travail et il n'y aurait pas lieu de chercher à faire adopter un poids normal qui donnerait une polarisation de 100 à la température moyenne du pays.

Mais depuis que les sucres sont polarisés à New-York et à San-Francisco, à des températures plus basses que celles du pays, l'Association des Chimistes de Hawaï émet le vœu que dans la comparaison des polarisations de Hawaï et du continent, on tienne compte de l'accroissement de la rotation spécifique du « sucre de canne ».

De plus, l'Association reconnaît les travaux intéressants et complets faits par M. C. A. Browne sur la polarisation des sucres, travaux dans lesquels il est clairement montré que les sucres à bas titrage, contenant beaucoup de lévulose, peuvent subir un accroissement dans la polarisation, correspondant à une élévation de la température ; mais étant donné que l'exportation des sucres d'Hawaï consiste surtout en sucres à haut titrage de 97° de polarisation environ, l'Association croit que, pour ces derniers sucres, la polarisation augmente avec une diminution de température,

Digitized by Google

Finalement l'Association des Chimistes de Hawaï émet le vœu qu'on établisse une distinction entre la polarisation et la saccharose °/₀ d'un sucre, et tout en reconnaissant que la polarisation d'un sucre constitue une base juste et commode pour l'intérêt du commerce et l'imposition des droits de douane, émet le vœu que, dans un contrôle de moulins sérieusement établi, on emploie la saccharose °/₀ de sucre et non la polarisation.

2° *Analyses.* — L'Association des Chimistes de Hawaï désire qu'il soit bien établi que toutes les déterminations de sucre devant entrer dans les calculs de rendement ou de perte d'une sucrerie de cannes, doivent être faits par la méthode Clerget, ou méthode de double polarisation, et que la polarisation et le °/₀ de saccharose contenue dans les produits soient rigoureusement distingués.

Enfin, l'Association est d'avis que dans les analyses on ne mentionne que les matières sèches réelles ainsi que les puretés réelles ; ces analyses comprendront la saccharose dans les jus mélangés, la saccharose dans les sucres et saccharose dans les mélasses épuisées.

La Commission était composée de : MM. Noël Deerr, Président, Horace Johnson, H.-E. Savage, G. Giacometti. R.-S. Morris, membres.

Note sur le dosage des sels de chaux en sucrerie de cannes. — Les produits de la canne étant souvent acides, on devra lorsqu'on voudra doser les sels de chaux ajouter dans le flacon hydrotimétrique avant d'introduire la liqueur hydrotimétrique, quelques gouttes d'ammoniaque ; afin de neutraliser tout au moins le milieu, sinon le titrage hydrotimétrique serait faussé par l'acidité du liquide.

Cette précaution est du reste d'un ordre général pour tous produits, soit en canne, soit en betteraves, dès que ces produits présentent une réaction neutre ou légèrement acide.

Digitized by Google

CHAPITRE XIV

—

CALCUL ET CONTROLE DES PERTES RENDEMENTS

CALCUL DES PERTES

Nous avons déja exposé les calculs relatifs aux pertes à la diffusion tant en sucrerie de betteraves qu'en sucrerie de cannes. Quand on travaille par moulins seuls, on peut calculer comme suit la perte pour 100 gr. de cannes mises en œuvre :

Soit : une richesse de canne de 12,3 %, une quantité de Ligneux de 11 % moyenne et une bagasse analysée moyenne ayant donné 5,70 de sucre % et 35 % de ligneux ; 11 % de ligneux dans la canne, correspondent à :

$$\frac{5,70 \times 11}{35} = 1,79 \text{ de sucre.}$$

Dans certaines installations, on a ajouté aux moulins la diffusion de la bagasse.

La bagasse après diffusion peut contenir de 70 à 75 % d'eau, il y a donc dans cette bagasse de 30 à 25 % de ligneux, en négligeant les autres matières dissoutes qui sont en très faible proportion. On analysera la bagasse après diffusion en dosant le sucre du jus qu'elle contient, c'est-à-dire en l'exprimant par une forte pression ; on aura ainsi le sucre pour 100 cm³ de ce jus. Soit 1,35 de sucre par exemple.

Pour 100 de bagasse à 75 % de jus cela fera :

$$\text{Sucre \% de bagasse diffusée} = \frac{1,35 \times 75}{100} = 1,01.$$

Mais 100 de bagasse diffusée à 75 % de jus, c'est 25 % de ligneux.

Digitized by Google

Donc dans 100 de cannes mises en œuvre à 11 °/₀ de ligneux on aura :

$$\frac{1,01 \times 11}{25} = 0,44.$$

C'est-à-dire que la perte pour °/₀ de cannes mises en œuvre sera de 0,44 de sucre dans la bagasse diffusée.

Nous ne pouvons donner ici un exemple de calculs s'appliquant à tous les cas pour ce qui concerne le reste de la fabrication.

Ces calculs ne sont, somme toute, qu'une véritable comptabilité qui serait assez simple si on pouvait, lorsqu'on veut procéder à un établissement de situation hebdomadaire ou de décade, liquider complètement les produits en cours comme cela arrive en fin de fabrication.

Mais pendant la fabrication, il devient nécessaire de faire un inventaire des produits qui sont en circulation dans l'usine, aussi près de la vérité que possible. Pendant la semaine, et suivant l'importance du Laboratoire et du personnel dont on dispose, on aura effectué un grand nombre d'analyses plus ou moins complètes et plus ou moins répétées. On résumera pour chaque espèce de produit d'usine les moyennes de ces analyses. Ces moyennes d'analyses accompagneront l'inventaire de semaine et serviront à connaître le total du sucre ainsi immobilisé dans la fabrication, en jus, sirops, masses-cuites, égouts, etc.

De cette manière on aura la circulation. Mais cette circulation représente une quantité de sucre variable d'une semaine à l'autre. La 1re semaine, aux quantités de sucre constatées en magasin on ajoutera la quantité de sucre en circulation, on aura ainsi un total qui divisé par la quantité de betteraves travaillées donnera le sucre retrouvé pour 100 kg. de betteraves.

La 2e semaine, on ajoutera encore la circulation : mais de ce total on retranchera la circulation précédente. La 3e semaine on fera de même, et ainsi de suite.

A la liquidation générale, il n'y a plus de circulation, tous les produits sont fabriqués, on connait leurs poids respectifs, ou ce qui revient au même, leurs volumes et leurs densités et, en appliquant leur richesse respective en sucre, il est facile d'obtenir la situation finale.

Si, dès la fin de la 2e semaine, on ajoute la circulation constatée par inventaire du jour, généralement au dimanche matin, alors que

Digitized by Google

l'on retranche ensuite la circulation de l'inventaire précédent, c'est que ces deux quantités ne sont pas constantes ; et si, comme on le fait parfois, on les admet constantes, on commet une erreur temporaire qui se répercute de semaine en semaine, mais disparaît d'elle-même lors de l'établissement de la situation finale.

Voici un exemple pour une petite usine.

Betteraves travaillées, semaines	880 000 kg.	
Jus dans diffuseurs 11 fois 12 hl. (on tire à 12 hl.) . . .		132 hl
Chaudières et divers 9 × 57 hl.		513
Total des jus		645 hl

Total des jus transformés en masse-cuite de 1er jet. 212 hl × 0,075 = 48 hl. 37

Sirops	Triple effet (évaluation).	45 hl
	Sulfitation — chaudières	67
	Bacs d'attente, filtres, tuyauterie, eté.	100
	Total	212 hl

Total des sirops transformés en masse cuite 1er jet. 212 hl. × 0,335 =		71 hl 02
Masses cuites 1er jet. en appareils malaxeurs	348 28	
Egouts riches, et divers, transf. en M. C. 1er jet. d'après leur densité.	50 00	
Masse cuite 1er jet totale, circulation d'après inventaire.		517 hl 67
» » turbinée semaine		858 41
Total		1376 hl 08
A déduire circulation précédente.		350 00
Différence, ou masse cuite afférente aux betteraves travaillées . . .		1026 hl 08

d'où litres de masse-cuite 1er jet produits pour 100 kg. de betteraves :

$$\frac{1\,026 \text{ hl. } 08 \times 100}{880.000} = 11 \text{ l. } 65.$$

D'autre part, les 858 hl. 41 de masse-cuite 1er jet turbinée ont produit : 717.110 de sucre blanc, soit un rendement à l'hectolitre de masse cuite de :

$$\frac{717.110 \times 100}{85.841} = 83 \text{ kg. } 54.$$

Donc pour 100 kg. de betteraves on a eu finalement en sucre blanc

$$\frac{111 \text{ l. } 65 \times 83{,}54}{100} = 9 \text{ kg. } 73.$$

Tel a été le rendement en blanc de la semaine. Passons aux masses-cuites 2e jet.

Digitized by Google

On a eu :

Masses cuites 2e jet en appareils et divers .	112 hl 80	circulation
Egouts pauvres et divers transformés en M.C. 2e jet.	28 00	circulation
Masses cuites 2e jet. turbinées semaines . .	510 00	
Total	650 hl 80	
A déduire circulation précédente	202 00	
Différence, ou masse cuite 2e jet afférente aux betteraves	448 hl 80	

d'où litres de masse cuite 2e jet produits pour 100 kg. de betteraves.

$$\frac{448 \text{ hl.} \times 100}{880.000} = 5 \text{ l. } 10.$$

D'autre part admettons que les 510 hl. de masse-cuite 2e jet turbinée aient produit 3.060 kg. de sucre roux, soit un rendement de

$$\frac{3060 \times 100}{51.000} = 60 \text{ kg. de sucre roux,}$$

à un titrage moyen constaté par analyses de 94 % de sucre, ce qui donne en sucre par 100 kg. de betteraves dans le sucre roux

$$\frac{5 \text{ l. } 10 \times 60 \times 0.94}{100} = 2 \text{ kg. } 87 \text{ de sucre.}$$

Passons maintenant aux mélasses.

L'inventaire des mélasses a donné :

Mélasses totales en réserve ou produites	1508 hl 40
» antérieures	1272 60
» produites semaine	235 hl 80
En circulation, pompes, bacs, tuyauterie, etc.	25 50
Total	260 hl 80
A déduire circulation précédente	32 00
d'où mélasse produite semaine différente aux betteraves.	228 hl 80

Soit pour 100 kg de betteraves

$$\frac{228 \text{ hl. } 80 \times 100}{880.000} = 2 \text{ l. } 60$$

à 48 % de sucre dans la mélasse pour 100 gr., et 144 kg. le poids de l'hectolitre donné par la densité : le sucre en volume sera

$$\frac{144 \times 48}{100} = 69 \text{ kg. } 12 \text{ de sucre à l'hectolitre}$$

Digitized by Google

à 2 l. 60 par 100 kg. de betteraves, cela fait :

$$\frac{2.60 \times 69,12}{100} = 1,79 \text{ de sucre.}$$

Nota. — Pour transformer le jus en masse-cuite nous avons adopté le coefficient 0,075, et pour transformer le sirop en masse-cuite 1er jet le coefficient 0,335.

Ces coefficients, variables pour les usines différentes, sont déduits ou de l'expérience, ou du calcul des volumes par rapport aux densités. Enfin, si l'usine ne fait ni roux ni mélasses en fabrication, elle coule de la masse-cuite 2e jet au filet à l'empli et on calculera sur cette masse-cuite en tenant compte de son volume pour 100 kg. de betteraves et de sa richesse en sucre, tout comme nous venons de le faire pour la mélasse. La masse-cuite de 2e jet est dans ce cas le dernier produit provisoire de la fabrication et occupe la place de la mélasse à ce point de vue.

Il devient facile dès lors d'établir le compte total de la fabrication pour 100 kg. de betteraves.

Situation

Betteraves, sucre % kg. digestion aqueuse			15,23
Litres de jus de diffusion pour % kg. betteraves			1101.7
Sucre du jus de diffusion pour 100 cm³			13,44
Sucre extrait à la diffusion % kg. de betteraves :			
$\frac{110.7 \times 13,44}{100} =$		14,87	15,20
Pertes par les cossettes	0,24	0,33	
» » petites eaux	0,09		
Total		15,20	
Perte inconnue à la diffusion			0,03
			15,23
Sucre entré en fabrication		14,87	
» blanc 1er jet		9,73	14,39
» roux 2e jet		2,87	
» dans mélasses		1,79	
Ecumes { Poids des écumes % kg. better.	13 kg.		
Ecumes { Sucre % d'écumes	0,62		
Pertes par les écumes % kg. de better. $\frac{13 \times 0,62}{100} =$		0,08	
Pertes diverses		0,40	
Total		14,87	

Résumé des pertes	Perte reconnue à la diffusion	0,33
	» inconnue à la »	0,03
	» par les écumes	0,08
	» inconnues diverses, usine	0,40
	Total	0,84

Digitized by Google

Cette situation établie, il devient des plus facile de l'établir à ce jour, au total et en pour °/₀ de betteraves, étant donné que l'on possède les situations antérieures apurées. Nous ne donnerons pas de modèles de tableaux pour la présentation de ces situations. On comprend que ces modèles puissent varier beaucoup selon le mode de fabrication usité dans l'usine, et les idées de chacun. Il en est de même pour le contrôle de la diffusion ; nous l'avons déjà expliqué en parlant des analyses de cossettes épuisées et de petit jus. Nous prévenons aussi le lecteur que tous les chiffres que nous donnons au sujet de la situation et comme exemples sont un peu de fantaisie, afin qu'il ne cherche pas à reconnaître dans cet exposé un mode de fabrication plutôt qu'un autre, bien que nous nous soyons efforcés de rester dans des limites vraisemblables à ce sujet. Du reste le lecteur compétent verra de suite ce qu'il en est, et il ne cherchera à en tirer aucune déduction anticipée. Ce que nous avons exposé, c'est la forme même dans laquelle la situation hebdomadaire peut être établie et le mécanisme seul vrai de cette situation.

Nous allons maintenant parler d'une autre manière d'établir la situation hebdomadaire qui, bien que n'ayant pas la rigueur de celle que nous citons en premier, mérite d'être présentée ne fût-ce qu'à titre documentaire.

On cherche le rendement en sucre brut ou raffiné pour 100 kg. de betteraves.

Comme toutes les betteraves pesées n'ont pas encore fourni leur sucre au moment de l'arrêt pour inventaire, il faut estimer à quelle quantité de betteraves correspondent les produits en cours, et retrancher cette quantité de la quantité pesée à l'ancienne bascule dite de la régie.

On obtient ainsi ce que l'on appelle : « les betteraves effectivement travaillées ».

On calcule alors le rendement cherché en divisant le sucre obtenu par les betteraves effectivement travaillées et multipliant par 100. Soit Q la quantité de betteraves pesées à la régie pendant la semaine écoulée.

Soit P la dernière pesée, P' la dernière pesée de la semaine précédente, et n le nombre des betteraves en kg., passant par chaque pesée. On a :

$$Q = (P' - P)\, n.$$

Digitized by Google

Et on a pesé depuis le commencement de la fabrication

$$Q' = P' \times n.$$

On admettra que ce qui est en batterie correspond à la moitié du chargement des diffuseurs plus un.

Soit pour une batterie de 12 diffuseurs à 1.100 kg. chaque

$$A = 6 \times 1.100 + 1.100 = 7.700 \text{ kg. de betteraves.}$$

Si nous appelons l la longueur en mètres de la conduite amenant le jus de là ou des râperies à l'usine, r le rayon de cette conduite, L la quantité de lait de chaux ajoutée par hectolitres de jus, et B la quantité de jus contenu dans les conduites, on a :

$$B = \frac{3,1416 \times r^2 \times l}{100 + L}.$$

Dans certains cas, on devra ajouter en plus la quantité B′ de jus chaulé de râperie se trouvant dans le bac d'attente des jus de râperie. Cette quantité est connue en volume, elle donne une quantité correspondante de jus de diffusion non chaulé qui est b.

$$b = \frac{100 \times B'}{100 + L}.$$

Soit enfin : C^1 C^2 C^3, les quantités des jus de 1re, de 2e de sirops et de masse-cuite transformées en hectolitres et :

S^1 S^2 S^3 S^4 les quantités de sucre °/₀ cm³ des produits correspondants. La quantité de jus de diffusion que représente l'ensemble de ces produits est :

$$C = \frac{C^1S^1 + C^2S^2 + C^3S^3 + C^4S^4}{S}.$$

S étant le sucre °/₀ cm³ du jus de diffusion.

La quantité de jus en travail est alors :

$$J = B + b + C$$

et la quantité de betteraves correspondantes est :

$$Q_1 = \frac{10000\,J}{e},$$

e étant la quantité de jus de diffusion produit par 100 kg. de betteraves ou extrait à la batterie de diffusion : à Q_1 on ajoute la quantité A ; dès lors, la quantité des betteraves effectivement travaillées dans la semaine est :

$$X = Q - (Q_1 + A)$$

Digitized by Google

et depuis le commencement de la fabrication

$$X' = Q' - (Q_1 + A).$$

Soit M le rendement en litres de masse-cuite 1er jet °/₀ kg. de betteraves pendant la semaine écoulée,
et M′ depuis le commencement de la fabrication.

Soit *m* la quantité d'hectolitres de masse-cuite produite pendant la semaine écoulée, et *m′* depuis le commencement de la fabrication, on a :

$$M = \frac{10\,000\,m}{X} \quad \text{et} \quad M' = \frac{10\,000\,m'}{X'}.$$

On calculera le rendement de la masse-cuite 2e jet de la même façon.

Soit R le rendement en sucre brut par 100 kg. de betteraves dans la semaine écoulée, et R′ depuis le commencement de la fabrication.

Soient S et S′ le sucre produit en kg. au total.

$$R = \frac{100\,S}{X} \quad \text{et} \quad R' = \frac{100\,S'}{X'}.$$

Et si le titrage de ces sucres en cas de sucre roux est T et T, le sucre dans ces quantités sera :

$$R \times T \quad \text{et} \quad R' \times T'.$$

Enfin si on le veut en raffiné, soit à 97,52 de raffiné °/₀, s'il s'agit de sucre blanc ce sera :

$$R \times T \times 0{,}9752 \quad \text{ou} \quad R' \times T' \times 0{,}9752$$

ou tout autre coefficient de raffiné selon l'analyse si le sucre est roux.

On calculera les pertes à la diffusion, ainsi que nous l'avons déjà fait. Le sucre entré en fabrication sera compté sur l'analyse des cossettes fraîches et vérifié par le jus de diffusion, comme nous l'avons déjà dit.

Pour terminer voici quelques chiffres concernant la sucrerie de Cannes.

Digitized by Google

Analyses moyennes

Moyennes	Densités	Brix	Baumé	Sucre % gr.	Matières organiques	Pureté	Observations
Vésou	1.080	19,77	11,10	17,10	2,67	86,40	
Jus de diffusion. .	1.064	15,95	9,00	13,60	2,30	86,60	
Jus déféqué . . .	1 081	19,96	11,20	17.60	2,34	88,20	Moulins seuls
Jus filtré	1.052	13,23	7,40	11,40	1,81	86,30	
Jus des filtres . .							
Sirop vert. . . .	1.268	56,64	31,20	50,30	6,33	88,70	
Masse cuite 1er jet .	1.4999	92,27	48,90	82,00	10,25	89,10	
Masse cuite 2e jet .	1.4670	87,62	46,80	61,10	26,52	69,80	
Egout 1er jet. . .	1.3850	75,74	40,90	55,30	20,45	73,00	
Egout 2e jet . . .	1.4040	78,68	42,50	43,30	35,35	55,10	
Sucre 1er jet . . .				96,23			
Sucre 2e jet . . .				84,59			

Diffusion	pour kgr. de cannes	Eau
Ligneux proportion	11 kg 20	
Epuisement	0,59	
Eau de vidanges ou petits jus	0,22	
Essorage de la cossette		55 à 60 %

Poids travaillé	26,46 % 73,54 %	à la diffusion aux moulins
Kilogr. de jus extrait	105 kg % 69,3 %	de cannes à la diffusion » aux moulins
Densités moyennes	1.045 1.062	à la diffusion aux moulins
Extraction en jus normal	83,80 69,30	en kg., diffusion » moulins
Extraction en sucre	14,33 11,85	diffusion moulins
Sucre moyen dans les jus	17,10	
Sucre dans la canne	15,39	
Pertes à l'extraction en sucre . . .	1,06 3,54	à la diffusion aux moulins
Coefficient du jus normal	86,4	

Digitized by Google

Situation Hebdomadaire

Sucre 1er jet	10,05
» 2e jet	1,26
Total	11,31
En sucre polarimétrique 1er jet	9,67
» » 2e jet	1,06
Total	10,73
En mélasse	1,91
Rendement total en sucre	12,64
Moins extraction	12,51
Perte	0,13
Pertes dans l'extraction, bagasses, cossettes, eaux de diffusion	2,88
Inconnues	0,08

Digitized by Google

CHAPITRE XV

—

ANALYSES DIVERSES. MELASSES PAR FERMENTATION. GRAINES DE BETTERAVES. ENGRAIS.

ANALYSE DE LA MÉLASSE PAR FERMENTATION

Méthode par fermentation. — La première opération à faire est de doser l'acidité ou l'alcalinité de la mélasse ; si la mélasse est alcaline, on opérera comme pour une masse cuite ; si elle est acide, on opérera encore de même, mais avec une liqueur de soude correspondante à la liqueur d'acide à 17 gr. 500.

Dès lors, on s'arrangera pour que la mélasse mise à fermenter, contienne environ 2 gr. d'acide par litre de liquide.

On prend 300 gr. de mélasse, on ajoute l'acide nécessaire, sachant qu'on fera 1 l. 1/2 et un peu d'eau pour dissoudre ; on fait bouillir le tout pour se débarrasser des nitrates ; on laisse refroidir et on ajoute 7 °/₀ de levure sèche. Bien souvent on n'a entre les mains que de la levure humide, on peut généralement admettre qu'elle contient 50 °/₀ d'eau.

On fait ensuite 1 l. 1/2 et on introduit le tout dans un grand flacon muni d'un tube à dégagement qui se rend dans un autre flacon contenant de l'eau qui recueille l'alcool qui pourrait être entraîné. On place le flacon dans un bain-marie et on tient la température constante de 25° jusqu'à ce qu'il n'y ait plus dégagement d'acide carbonique. La température peut être alors portée lentement jusqu'à 35°, mais pas au delà ; de plus elle ne doit jamais descendre.

Une fois la fermentation terminée, on mesure exactement le volume du liquide des 2 flacons. Supposons 1.600 cm³ (s'il était 1.592 par exemple, pour avoir un nombre rond, on l'amènerait à 1.600) ;

Digitized by Google

Table XX. — *Correction de température sur les indications de l'alcoomètre*

Température	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
10°C	1,4	2,4	3,4	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,6	11,7	12,7	13,8	14,9	16,0	17,0	18,1	19,2	20,2	21,3	22,4	23,5	24,6	25,8	26,9	28,0	29,1	30,1	31,1	32,1
11	1,3	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,4	8,4	9,4	10,5	11,6	12,6	13,6	14,7	15,8	16,8	17,9	19,0	20,0	21,0	22,1	23,2	24,3	25,4	26,5	27,7	28,7	29,7	30,7	31,7
12	1,2	2,3	3,3	4,3	5,3	6,3	7,3	8,3	9,3	10,4	11,5	12,5	13,5	14,6	15,6	16,6	17,6	18,7	19,7	20,7	21,8	22,9	24,0	25,1	26,1	27,2	28,2	29,7	30,2	31,2
13	1,2	2,2	3,2	4,2	5,2	6,2	7,2	8,2	9,2	10,3	11,4	12,4	13,4	14,4	15,4	16,4	17,4	18,6	19,5	20,5	21,5	22,6	23,7	24,7	25,7	26,8	27,8	28,8	29,8	30,8
14	1,1	2,1	3,1	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,3	11,2	12,2	13,2	14,2	15,2	16,2	17,2	18,2	19,2	20,2	21,2	22,3	23,3	24,3	25,3	26,4	27,4	28,4	29,4	30,4
15	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0
16	0,9	1,9	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9	7,9	8,9	9,9	10,9	11,9	12,9	13,9	14,9	15,9	16,9	17,8	18,7	19,7	20,7	21,7	22,7	23,7	24,7	25,7	26,6	27,6	28,6	29,6
17	0,8	1,8	2,8	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8	9,8	10,8	10,7	12,7	13,7	14,7	15,6	16,6	17,5	18,4	19,4	20,4	21,4	22,4	23,4	24,4	25,4	26,3	27,3	28,2	29,2
18	0,7	1,7	2,7	3,7	4,7	5,7	6,7	7,7	8,7	9,7	10,7	11,6	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,3	18,2	19,1	20,1	21,1	22,0	23,0	24,0	25,0	25,9	26,9	27,8	28,8
19	0,6	1,6	2,6	3,6	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,4	12,4	13,3	14,3	15,2	16,1	17,0	17,9	18,8	19,8	20,8	21,7	22,7	23,6	24,6	25,5	26,4	27,3	28,3
20	0,5	1,5	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,3	8,3	9,3	10,3	11,2	12,2	13,1	14,0	14,9	15,8	16,7	17,6	18,5	19,5	20,5	21,4	22,4	23,3	24,3	25,2	26,1	27,0	27,9
21	0,4	1,4	2,3	3,3	4,3	5,2	6,2	7,1	8,1	9,1	10,1	11,0	11,9	12,8	13,7	14,6	15,5	16,4	17,3	18,2	19,1	20,1	21,1	22,1	22,9	23,9	24,8	26,0	26,6	27,5
22	0,3	1,3	2,2	3,2	4,1	5,1	6,1	7,0	7,9	8,9	9,9	10,8	11,7	12,6	13,5	14,4	15,3	16,2	17,0	17,9	18,8	19,8	20,7	21,6	22,5	23,5	24,3	25,2	26,2	27,1
23	0,1	1,1	2,1	3,1	4,0	4,9	5,9	6,8	7,8	8,7	9,7	10,6	11,5	12,4	13,3	14,1	15,0	15,9	16,7	17,6	18,5	19,4	20,3	21,3	22,2	23,1	24,0	24,9	25,8	26,7
24	0,0	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,6	8,5	9,5	10,4	11,3	12,2	13,1	13,9	14,8	15,7	16,5	17,4	18,2	19,1	20,0	21,0	21,8	22,2	23,6	24,5	25,4	25,3
25	0,0	0,8	1,7	2,7	3,6	4,6	5,5	6,5	7,4	8,3	9,3	10,2	11,1	12,0	12,8	13,6	14,5	15,4	16,2	17,1	17,9	18,8	19,7	20,6	21,5	22,4	23,2	24,2	25,1	26,0
26	0,0	0,7	1,6	2,6	3,5	4,4	5,4	6,3	7,2	8,1	9,0	9,9	10,8	11,7	12,6	13,4	14,2	15,1	15,9	16,7	17,6	18,5	19,4	20,3	21,2	22,1	22,9	23,8	24,7	25,6
27	0,0	0,5	1,5	2,4	3,3	4,3	5,2	6,1	7,0	7,9	8,8	9,7	10,6	11,5	12,3	13,1	13,9	14,8	15,0	16,4	17,3	18,2	19,1	20,0	20,8	21,7	22,6	23,5	24,3	25,2
28	0,0	0,3	1,3	2,2	3,1	4,1	5,0	5,9	6,8	7,5	8,6	9,5	10,3	11,2	12,0	12,8	13,6	14,4	15,2	16,0	16,9	17,9	18,8	19,6	20,5	21,4	22,2	23,1	23,9	24,8
29	0,0	0,1	1,1	2,0	2,9	3,9	4,8	5,7	6,6	7,3	8,4	9,2	10,1	11,0	11,7	12,5	13,3	14,1	14,9	15,7	16,6	17,5	18,4	19,3	20,2	21,0	21,8	22,7	23,6	24,4
30	0,0	0,0	0,9	1,9	2,8	3,7	4,6	5,5	6,4	7,3	8,1	9,0	9,0	10,7	11,5	12,3	13,0	13,0	14,6	15,4	16,3	17,2	18,1	19,0	19,8	20,7	21,5	22,4	23,2	24,0

Digitized by Google

nous prenons 300 cm³ du liquide et nous distillons jusqu'à obtention de 100 cm³ de liquide distillé. Tout l'alcool des 300 cm³ doit se trouver dans les susdits 100 cm³.

Prenant un alcoomètre, nous pèserons le liquide alcoolique. Soit trouvé 21° 5 à 28° de température ; appliquant la table de correction ci-contre nous trouvons 17° 4 à 15° C. Ce qui fournit pour le °/° d'alcool $\frac{17,4 \times 16}{3 \times 3} = 30,93$.

Exprimons la quantité d'alcool en litres produits par 100 kg. de mélasse :

100 gr. de mélasse donnent 30 cm³ 93, 1 kg. donnera 309 cm³ 3 ou 0 l. 3093 et 100 kg. 30 l. 93.

On admet que 100 kg. de sucre donnent pratiquement 60 l. d'alcool (théoriquement 64 l. 5), 1 litre d'alcool est donc produit par $\frac{100}{60}$ et 30 l. 93 par $\frac{100 \times 30,93}{60} = 51,53$.

L'analyse de la mélasse par fermentation donne donc 51,53 °/₀ de sucre.

ANALYSE DES GRAINES DE BETTERAVES. — ESSAIS DE GERMINATION

L'échantillon est prélevé dans les sacs au moyen d'une sonde, ou à la main. On mélange, etc., on fait un échantillon moyen.

Pour mettre en germination on prélève 100 graines. Pour cela on verse les graines sur une table, on en compte 10 et on en prend une, et ainsi de suite, sans choisir, jusqu'à avoir 100 graines.

Germinateur Keffel. — Ce germinateur ou ses similaires sont très répandus.

Une plaque de terre poreuse et creusée d'alvéoles destinées à recevoir la graine est maintenue dans un récipient en verre contenant de l'eau qui monte par capillarité dans la plaque de terre poreuse, qui est placée un peu au-dessus du niveau de l'eau, le tout est recouvert d'un couvercle en bois entouré de feutre ; l'appareil porte un thermomètre. On place les graines dans les alvéoles.

Nous ne décrirons pas les germoirs spéciaux, ni l'étuve de Schribaux, dans laquelle on dépose les graines sur des plateaux de nickel que l'on garnit d'ouate humide. Ces germoirs ont un inconvénient : c'est que les germes et les radicelles issus d'un glomérule étant nom-

Digitized by Google

breux, il se produit un enchevêtrement du tout, ce qui rend la numération des germes et des graines germées fort difficile sinon impossible. Aussi il est beaucoup plus simple de procéder comme nous allons l'indiquer, et cela est tout aussi efficace. Enfin, le matériel a l'avantage de ne presque rien coûter et les tigelles s'élevant droit vers la lumière, tandis que les radicelles s'enfoncent dans le sol du germoir, la numération est facile.

La germination des graines s'effectue dans des caisses en bois d'environ 7 cm. de profondeur et 40 cm. de côté. Sur les bords de la caisse sont disposés une série de petits clous faisant légèrement saillie et espacés les uns des autres d'une longueur égale à 1 cm. Ce dispositif permet de tendre une sorte de réseau en ficelle fine qui divise la surface du germoir en petits carrés de 1 cm. de côté. C'est dans la terre ainsi délimitée que les graines sont mises à germer à raison d'une graine par carré.

La caisse est emplie d'un mélange fait avec des cendres de foyer de générateur tamisées sur une toile métallique dont les mailles carrées ont environ 2 mm. de côté, et de terre végétale arable ; cette terre est passée au même tamis. Le mélange est effectué dans la proportion de 2 parties de cendres pour une partie de terre argileuse, comme le limon dit de la Brie. La terre ordinaire se prête mal à servir de support pour les essais de germination. Elle se tasse trop fortement sous l'action des arrosages, et subit des retraits qui la font se fendiller fortement dès qu'elle perd son humidité. Au contraire, la terre retient facilement un excès d'humidité qu'elle abandonne fort vite dès qu'elle a commencé à se fendiller sous l'action de l'évaporation.

Le sable très fin est aussi usité. Les inconvénients de ce support sont son extrême mobilité sous l'action des arrosages, et il en résulte que les graines se découvrent ou se déplacent. En outre le sable devient dur et compact une fois qu'il a bu l'eau d'arrosage. Enfin, étant privé de liant, d'humus, il ne conserve pas longtemps l'humidité et nécessite des arrosages fréquents qui placent les graines dans des alternatives d'excès d'eau et de sécheresse peu favorables à la réussite de la germination.

Il faut avoir soin de remplir la caisse et de tasser le mélange dont nous avons parlé de telle sorte que sa surface se trouve être à environ 1/2 cm. du réseau en ficelle dessinant les carrés qui fixent la place de chaque graine à la surface du germoir. On évite ainsi la pourri-

Digitized by Google

ture des ficelles. Ce réseau est indispensable pour faciliter le comptage des graines germées et du nombre de germes.

Le mélange de terre et de cendres est copieusement arrosé avec de l'eau bien bouillante, et cela plusieurs fois de suite afin de stériliser autant que possible la caisse et le mélange terreux, dans le but d'éviter la formation des moisissures. Lorsque le tout est refroidi à l'abri de la poussière et sous des plaques de verre, et que le degré d'humidité voulu est atteint, avec l'extrémité arrondie d'un agitateur on creuse au centre de chaque petit carré une petite dépression de 4 à 5 mm. de profondeur.

Dans chaque dépression on place un glomérule de manière que sa partie supérieure affleure souvent, ou se trouve très peu située au-dessous du niveau général du plan de la terre servant de support. Lorsque toutes les graines d'un lot sont posées, on rectifie leur placement en les appuyant plus ou moins avec l'extrémité d'un agitateur, de manière à les mettre toutes à peu près de même niveau, et l'opération terminée toutes les graines ont leur partie supérieure située à environ 2 ou 3 mm. de la surface de la terre. On recouvre alors chaque graine (avec un petit entonnoir, ou mieux encore avec la main fermée contenant une petite poignée de terre mélangée sèche) d'un très petit monticule du mélange terreux. Puis avec l'extrémité du doigt on tasse légèrement le petit monticule de manière à le ramener au plan primitif de la surface de terre dans le germoir. Cette petite quantité de terre nouvelle ne tarde pas à s'humidifier par capillarité.

On recouvre alors le germoir de plaques de verre légèrement surélevées de l'épaisseur d'une règle afin d'assurer la circulation de l'air. On peut placer un petit thermomètre dans la terre du germoir, verticalement, et de telle sorte que son réservoir soit placé sous la terre ; on a ainsi la température du niveau où sont placés les glomérules. Le tout est porté dans une pièce chauffée à 22° ou dans un empli, ou sur une table sous laquelle passe un tuyau de vapeur. On peut ainsi facilement maintenir la température entre 20 à 25° C. Au bout de 6 jours on compte les graines germées, puis le nombre de germes. Puis après 14 jours. Pendant ce temps il ne faut pas arroser trop fréquemment, mais maintenir le germoir seulement légèrement humide.

Humidité °/₀ gr. de graines. — On pèsera 5 ou 10 gr. de graines

Digitized by Google

qu'on portera à l'étuve à 100° pendant une heure 1/2 à 2 heures jusqu'à poids constant.

Poids de 1.000 graines. — Compter 1.000 graines et les peser, faire deux fois cette détermination et prendre la moyenne.

Impuretés. — Peser 100 gr. de graines, puis les verser sur une feuille de papier glacé, avec une pince éliminer tout ce qui n'est pas une graine saine de betterave.

Retirer les graines une à une et les repeser. La différence de poids donne les impuretés.

Comme l'opération est fort longue et minutieuse, on peut opérer sur 50 gr. Mais plus le poids sera élevé, plus on approchera de la vérité moyenne.

On peut encore jeter les graines sur un tamis à petites mailles ne laissant pas passer les graines, on se débarrassera ainsi rapidement des poussières et petits fragments de sable.

On épurera ensuite sur le tamis à la pince brucelles, et finalement on pèsera les graines épurées qui restent sur le tamis.

Les autres déterminations ne sont plus que des pourcentages obtenus par de simples règles de trois. On se reportera aux Normes de Magdebourg revisées.

ENGRAIS

DOSAGE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE DANS LES SUPERPHOSPHATES

1° *Dosage de l'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque.* — Peser 1 gr. du superphosphate, le faire passer dans un mortier avec 20 cm³ de citrate d'ammoniaque; broyer de temps en temps et au bout de 3 heures environ, introduire au moyen d'une pipette le liquide décanté dans un ballon de 100 cm³ ; ajouter de nouveau dans le mortier 20 cm³ de citrate d'ammoniaque, triturer et laisser digérer encore environ 3 heures; faire passer le tout dans le ballon avec de l'eau distillée, affleurer et filtrer.

Introduire 50 cm³ de liquide filtré dans un verre à précipiter, y ajouter 10 à 15 cm³ de chlorure de magnésium, doubler le volume avec de l'ammoniaque, agiter, il se formera un précipité de pyrophosphate de magnésie ; laisser reposer environ 12 heures.

On procédera ensuite à la filtration sur un petit filtre sans cendres

Digitized by Google

au moyen d'un entonnoir capillaire. On décantera d'abord le liquide clair sur le filtre, puis on ajoutera environ 10 à 15 cm³ d'eau ammoniacale à 1/5, on laissera reposer et on décantera à nouveau, on ajoutera encore 10 à 15 cm³ d'eau ammoniacale; ce n'est enfin qu'après avoir ajouté de l'eau ammoniacale pour la 3e fois qu'on fera passer le précipité sur le filtre, au moyen d'un peu de ce liquide et d'un agitateur muni à son extrémité d'un petit morceau de caoutchouc, on s'arrangera pour ne laisser dans le verre aucune trace de précipité ; on pourra encore se servir d'un peu de papier sans cendres qui sera passé sur les parois du verre et introduit sur le filtre. On lavera ensuite trois fois le précipité sur le susdit filtre avec de l'eau ammoniacale. Il ne restera plus qu'à calciner et à peser.

Soit trouvé 0 gr. 125.

Ces 0 gr. 125 de pyrophosphate de magnésie correspondent à $\frac{0 \text{ gr. } 125 \times 71}{111}$ d'acide phosphorique (71 étant l'équivalent de l'acide phosphorique et 111 celui du pyrophosphate de magnésie 2 MgO, PhO^5) ou 0 gr. 0799 ; mais cela est pour 0 gr. 500 de superphosphate, pour 1 gr. nous aurons 0 gr. 1598 et pour 100 gr. 15 gr. 98.

Dosage de l'acide phosphorique soluble dans l'eau. — Peser 2 gr. de superphosphate, les traiter comme on l'a fait pour l'acide phosphorique soluble dans le citrate, mais remplacer celui-ci par de l'eau ; de plus, avant de mettre de la liqueur de chlorure de magnésium dans le verre à précipiter, on devra ajouter au liquide 10 cm³ d'une liqueur d'acide citrique à 400 gr. par litre.

Le dosage cette fois est fait sur 1 gr.

Acide phosphorique total. — Attaquer 5 gr. de superphosphate par l'acide chlorhydrique et évaporer à sec pour éliminer la silice, reprendre de nouveau par l'acide chlorhydrique et faire passer le tout dans un ballon de 100 cm³ en affleurant avec de l'eau distillée, filtrer et introduire dans un verre 20 cm³ du liquide obtenu, continuer ensuite comme pour l'acide soluble dans l'eau.

Le dosage de l'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque a pour but de donner l'acide phosphorique correspondant aux phosphates monocalcique et bicalcique, ces derniers sont souvent appelés phosphates rétrogradés parce qu'ils proviennent de la transformation des phosphates monobasiques en phosphates bibasiques.

Soit A le résultat trouvé.

Digitized by Google

Le dosage de l'acide phosphorique soluble dans l'eau donne l'acide phosphorique des phosphates monocalciques, soit B.

Le dosage de l'acide phosphorique total donne l'acide phosphorique provenant des phosphates monocalciques, bicalciques et tricalciques, soit C.

L'acide phosphorique provenant des phosphates tricalciques sera :

$$D = C - A$$

et l'acide phosphorique provenant des phosphates bicalciques :

$$E = A - B.$$

Lorsqu'on opère le dosage de l'acide phosphorique soluble dans le citrate de magnésie et que le superphosphate contient de la magnésie, une certaine quantité d'acide phosphorique passe pendant le traitement au citrate à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien insoluble ; pour remédier à cet inconvénient on commence par épuiser le superphosphate par l'eau qui entraîne la magnésie et on traite ensuite le résidu par le citrate d'ammoniaque, puis on réunit les liquides provenant de l'épuisement par l'eau et par le citrate d'ammoniaque ; dans une partie connue du mélange on précipite l'acide phosphorique à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien comme il a été dit précédemment.

Dosage de l'acide phosphorique dans les phosphates. — Pour doser l'acide phosphorique dans un phosphate, on opère comme pour le dosage de l'acide phosphorique total dans un superphosphate ; on peut encore procéder au dosage par le molybdate d'ammoniaque.

Calciner 5 gr. de la matière à analyser et l'attaquer ensuite, en chauffant pendant environ vingt minutes, par 20 cm³ d'acide nitrique étendu de son volume d'eau, laisser refroidir, faire 100 cm³, filtrer et prélever suivant la richesse de l'engrais 10, 20, 40 cm³ du liquide ainsi obtenu que l'on introduit dans un vase à précipitation chauffe avec 10 cm³ d'acide nitrique et 6 gr. de nitrate d'ammoniaque, on fait 50 cm³ environ et on ajoute une quantité de liqueur de molybdate d'ammoniaque supposée suffisante pour la précipitation complète de tout l'acide phosphorique (50 cm³ de liqueur correspondent à 0 gr. 100 d'acide phosphorique). On chauffe environ une heure au bain-marie à 90° et au bout de ce temps on s'assure que l'on a employé assez de réactif molybdique, sur une petite portion de liquide que l'on filtre, dans le cas contraire on en ajoute et on continue le chauffage ; lorsque

Digitized by Google

la précipitation de l'acide phosphorique est complète on filtre et on lave le filtre avec une solution à 1 % d'acide nitrique et 3 % de nitrate d'ammoniaque ; on dissout ensuite le précipité sur le filtre avec une solution ammoniacale à 30 % et on précipite dans le liquide obtenu l'acide phosphorique à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien, comme il a été dit au dosage de l'acide phosphorique soluble dans l'eau dans un superphosphate.

Dans les engrais composés. — On dosera l'acide phosphorique sous ses trois états comme dans un superphosphate ; on pourra encore doser l'acide phosphorique total par le molybdate d'ammoniaque comme dans un phosphate.

Dosage de l'acide phosphorique dans une terre. — Calciner 20 gr. de terre dans une capsule en porcelaine, laisser refroidir, humecter avec un peu d'eau et attaquer par l'acide nitrique jusqu'à disparition complète d'effervescence, continuer à ajouter un peu d'acide nitrique, faire bouillir et évaporer à sec pour fixer la silice, reprendre à chaud par l'acide nitrique, ajouter un peu d'eau, filtrer, laver le filtre et réduire par évaporation le liquide à environ 20 cm³, l'introduire dans un vase à précipitation chaude avec 10 cm³ d'acide nitrique et précipiter avec la liqueur molybdique en maintenant le liquide pendant une dizaine d'heures entre 30° et 40° ; on continue ensuite comme pour le dosage de l'acide phosphorique total dans les phosphates.

DOSAGE DE L'AZOTE

L'azote se rencontre dans les engrais et les terres à l'état d'azote organique, d'azote ammoniacal et d'azote nitrique.

Azote organique. — 1° Méthode de Will, Warrentrapp et Péligot.

Cette méthode est basée sur la transformation en ammoniaque de l'azote contenu dans une substance organique, lorsqu'on chauffe celle-ci avec de la soude, il se forme en même temps du carbonate de soude.

Pour faire le dosage de l'azote organique par cette méthode :

Prendre un tube en verre difficilement fusible et étiré à une de ses extrémités, ce tube ayant de 40 à 50 cm³ de longueur ; introduire à l'extrémité fermée un peu d'asbeste, puis de l'oxalate de chaux sur environ 2 à 3 cm³ de longueur, puis à peu près autant de chaux sodée et enfin environ 1 gr. de la matière à analyser mélangée avec une

Digitized by Google

quantité de chaux sodée telle que le tube soit plein moins 7 à 8 cm³ environ, on ajoute environ 2 à 3 cm³ de chaux sodée qui sert à rincer les vases dans lequel on a effectué le mélange (ledit mélange doit être fait en évitant toute pression forte avec la substance azotée) ; puis on ferme le tube avec un tampon peu serré d'asbeste, on le frappe à plat sur la table pour former un petit canal et on le réunit à un appareil à boules dans lequel on a introduit 10 cm³ de liqueur sulfurique titrée. On place le tube sur une grille à combustion (fig. 336) et on

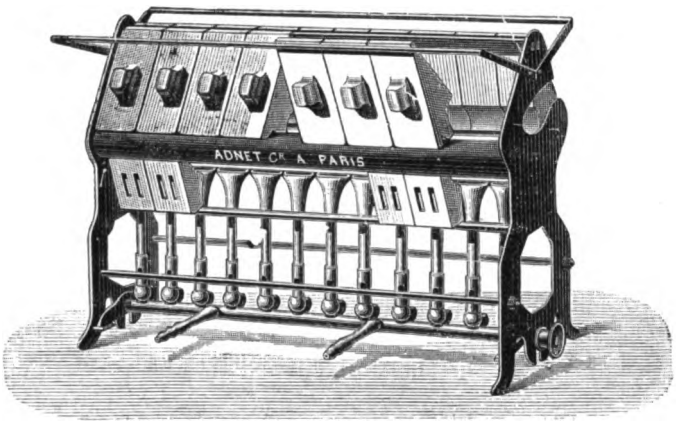


Fig. 336.

commence le chauffage par l'extrémité du tube voisine de l'appareil à boules, on étend petit à petit la zone chauffée en se rapprochant de plus en plus de l'extrémité fermée et en chauffant en dernier lieu l'oxalate de chaux qui dégage de l'hydrogène destiné à chasser l'ammoniaque qui pourrait rester dans le tube. Le chauffage doit être conduit de manière à avoir un dégagement gazeux d'environ deux bulles par seconde.

Le chauffage terminé, on sépare l'appareil à boules en cassant l'extrémité de celui-ci au moyen d'une goutte d'eau froide ; on fait passer le liquide du tube à boules dans une capsule en porcelaine en rinçant bien et on le titre au moyen d'une liqueur de soude de titre connu et du tournesol comme indicateur.

Supposons que l'on ait employé : 1 gr. de matière, 10 cm³ d'une liqueur sulfurique contenant 100 gr. d'acide sulfurique monohydraté pur par litre et 14 cm³ d'une liqueur de soude telle que 20 cm³ de cette liqueur neutralisent 10 cm³ de la liqueur sulfurique.

Digitized by Google

L'ammoniaque correspondant à 1 gr. d'engrais aura neutralisé une quantité de liqueur sulfurique égale à 10 cm³ — 7 cm³ = 3 cm³. Ces 3 cm³ contiennent 0 gr. 300 d'acide sulfurique monohydraté pur, ce qui correspond à $\frac{0 \text{ gr. } 300 \times 14}{49}$ d'azote = 0 gr. 0857 et 100 gr. de matière contiendront 8 gr. 57 d'azote, ce qui revient à appliquer la formule Az $\% = 28,57 \left(\frac{N - N'}{N}\right)$ en appelant N la quantité de liqueur sulfurique employée et N' la quantité de liqueur de soude employée correspondante à la liqueur sulfurique.

Le tableau suivant destiné à simplifier les calculs donne les produits de 28,57 par 1,2 — 9.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
28,57	57,14	85,71	114,28	142,85	171,42	199,99	228,56	257,13

On peut encore remplacer dans le tube à boules la liqueur titrée d'acide sulfurique par de l'acide chlorhydrique ; après passage de l'ammoniaque on dose le chlorhydrate d'ammoniaque formé en le faisant passer à l'état de chloroplatinate d'ammonium au moyen du bichlorure de platine et en pesant à l'état de chloroplatinate, comme on le fait pour le dosage de la potasse tel que nous l'indiquerons plus loin. Au lieu de peser à l'état de chloroplatinate d'ammoniaqne on peut calciner ce dernier et le peser alors à l'état de platine.

Méthode Kjeldahl. — Cette méthode repose sur la transformation de l'azote organique en azote ammoniacal en présence de l'acide sulfurique additionné de mercure.

Introduire dans un ballon de 250 cm³ environ, 0 gr. 500 de la matière à analyser avec 2 gr. de mercure et 20 cm³ d'acide sulfurique monohydraté pur, chauffer d'abord lentement, puis maintenir à ébullition tranquille jusqu'à obtention d'un liquide limpide et clair ; laisser refroidir et ajouter lentement environ 150 cm³ d'eau et transvaser dans un ballon plus grand, d'environ 500 cm³, ajouter de la lessive de soude de manière à avoir une solution alcaline ; il faut dans le cas actuel environ 75 cm³ de lessive à 36° B. ; ajouter un peu de zinc pour éviter une ébullition tumultueuse et distiller l'ammoniaque dans une quantité mesurée d'acide sulfurique titré, et titrer de nouveau après la distillation au moyen d'une liqueur de soude comme il a été dit pour la méthode de Will-Warrentrapp et Péligot.

Digitized by Google

Dans le cas où la matière à analyser contiendrait des nitrates, il faudrait commencer par les éliminer en chauffant avec du protochlorure de fer et de l'acide chlorhydrique, en évaporant à sec et en continuant comme précédemment.

Si le produit analysé contient non seulement de l'azote organique, mais encoré de l'azote ammoniacal, celui-ci est dosé en même temps que le premier par ces deux méthodes ; il faudra alors doser séparément l'azote ammoniacal, et on aura l'azote organique par différence.

Dosage de l'azote ammoniacal. — On pèse 1 gr. environ de matière et on l'introduit dans un ballon de 500 cm³ environ, on dissout avec 300 cm³ à 400 cm³ d'eau et on ajoute environ 2 gr. de magnésie calcinée, on met le ballon en communication avec un appareil composé d'un tube plusieurs fois recourbé suivi d'un réfrigérant et débouchant dans un ballon contenant une quantité mesurée d'une liqueur sulfurique titrée : on chauffe le ballon, la magnésie déplace l'ammoniaque qui distille dans la liqueur sulfurique ; lorsque le volume de liquide contenu dans le ballon de 500 cm³ est réduit d'environ moitié, on arrête l'opération et on titre la liqueur sulfurique au moyen d'une liqueur de soude comme il a été dit pour la méthode de Will, Warrentrapp et Péligot.

Dosage de l'azote nitrique. — La méthode est basée sur la transformation de l'acide nitrique en bioxyde d'azote en présence du chlorure ferreux et de l'acide chlorhydrique ; elle est due à M. Schlœsing.

M. Lacombe décrit comme suit la manière d'opérer qu'il a adoptée :

Un ballon de 300 à 350 cm³ repose sur un support au-dessus d'une lampe à gaz, il est muni d'un tube de dégagement de 15 cm³ de longueur environ formé de 2 parties réunies par un morceau de caoutchouc de 6 cm³ au moins. L'extrémité libre est étirée en pointe et légèrement courbée.

Près du ballon est une petite cuve à mercure composée d'une capsule en porcelaine de 10 cm³ de diamètre (ou d'un mortier) et d'une cloche de 150 à 200 cm³ divisée en 1/2 cm³. On remplit la cloche d'abord avec de l'eau afin d'en chasser l'air, puis avec du mercure. On renverse la cloche sur la capsule et on la soutient avec un support à pince de manière que le bord inférieur soit à 2 cm. du fond. Enfin avec une pipette on y fait monter 15 cm³ d'une solution concentrée de potasse ou de soude caustique.

Digitized by Google

On place dans le ballon la matière à analyser sous la forme d'une solution neutre ou alcaline occupant un volume d'environ 50 cm³. On fait bouillir : la vapeur en se dégageant entraîne l'air ; au bout d'un quart d'heure quand il ne reste plus qu'un peu de liquide, on peut être sûr que la totalité du gaz a été expulsée et remplacée par la vapeur. Alors on plonge l'extrémité du tube recourbé dans un verre où se trouve une solution concentrée de protochlorure de fer préparée avec 3 parties de sel cristallisé et 2 parties d'eau. On retire la lampe et on règle l'ascension du liquide en serrant entre les doigts le petit tube de caoutchouc ; quand on a introduit 150 à 200 cm³ de protochlorure, on fait passer par le même moyen du HCl étendu de son volume d'eau, puis un peu d'eau récemment bouillie, afin d'enlever toute trace de protochlorure sur les parois intérieures du tube. Aussitôt on engage l'extrémité du tube recourbé sous la cloche et on laissse le mercure s'élever environ jusqu'à la moitié. On replace la lampe pour continuer la réaction. A ce moment il faut modérer le feu, parce qu'il se produit souvent des soubresauts violents qui pourraient nuire au succès de l'opération. Bientôt la pression se rétablit dans l'appareil, en desserrant les doigts le Hg ne monte plus. On abandonne l'appareil à lui-même, le AzO^2 se rend sous la cloche. Le CO^2 provenant des carbonates qui peuvent se rencontrer ainsi que le HCl qui s'échappent du ballon sont absorbés par la potasse. L'ébullion doit durer 20 minutes ; retirer la cloche, amener le gaz à la pression atmosphérique et lire.

A 10° et sous la pression 760 en supposant le bioxyde d'azote saturé d'humidité, le poids en milligrammes de l'*acide azotique* contenu dans le nitrate à doser est égal à ce volume multiplié par 2,306

à 15° le coef. devient	2,256
à 20° — —	2,202

Les différences entre ces nombres étant sensiblement proportionnelles aux différences des températures, on modifiera le coefficient en ajoutant ou en retranchant aux nombres ci-dessus autant de fois 0,010 qu'il y aura de degrés en moins ou en plus sur l'une quelconque des températures ci-dessus. A 12° le coefficient deviendra :

$$2{,}306 - 2 \times 0{,}01 = 2{,}286$$

$$\text{à } 18^\circ\ 2{,}202 + 2 \times 0{,}01 = 2{,}222 \text{ etc.}$$

Digitized by Google

Il faudra encore tenir compte de la valeur de la pression atmosphérique, c'est-à-dire multiplier par $\frac{H}{760}$.

Pour s'assurer qu'il n'y a bien que du bioxyde d'azote dans la cloche, on fait arriver de l'oxygène pur en bulles très petites. Chacune d'elles produit un nuage vermeil, puis le volume diminue et il reste environ 1/2 cm³ de gaz.

On peut encore faire passer le gaz dans une cloche et le traiter par le protochlorure de fer qui le dissout à l'exclusion des autres gaz inabsorbables par la potasse, seulement il faut une cuve à mercure profonde.

On peut encore opérer comme suit :

Prendre un ballon de 180 à 200 cm³ à col un peu long et muni d'un bouchon à deux trous : l'un de ces trous est traversé par un tube deux fois recourbé dont une extrémité effilée désaffleure un peu la partie inférieure du bouchon tandis que l'autre plonge dans un récipient qui recevra les solutions de chlorure ferreux et d'acide chlorhydrique ; ce tube est en deux morceaux reliés par un caoutchouc qui peut être serré par une pince. Le deuxième trou du bouchon est traversé par un tube semblable au précédent mais non effilé, de plus l'extrémité qui traverse le bouchon affleure exactement sa partie inférieure, tandis que l'autre qui plonge dans une lessive de soude est recourbée de façon à pouvoir être engagée sous une cloche.

Nous appellerons pince n° 1 celle du premier tube décrit et n° 2 celle du tube à gaz.

La solution de la matière à analyser est introduite dans le ballon, elle doit occuper environ 100 cm³, le bouchon et les tubes sont mis en place et la solution de chlorure ferreux dans l'acide chlorhydrique dilué est introduite dans le récipient destiné à cet effet. La pince n° 1 étant fermée et la pince n° 2 ouverte, on commence à chauffer le ballon et on maintient l'ébullition jusqu'à ce qu'on suppose que tout l'air soit chassé. Pour s'en assurer, on ouvre la pince n° 1 et on ferme n° 2; la lessive de soude devra remonter jusqu'à cette pince ; on laisse passer la vapeur d'eau pendant une minute environ dans la solution de chlorure ferreux afin de chasser l'air du tube n° 1, on ferme alors la pince n° 1 et on retire le bec de gaz ; à ce moment le tube n° 1 doit être rempli de chlorure ferreux jusqu'à la pince et le tube n° 2

Digitized by Google

de lessive de soude. Lorsque le ballon est en partie refroidi, le vide aplatit les caoutchoucs, on ouvre la pince n° 1 et la solution de chlorure ferreux est aspirée dans le ballon ; on ferme la pince alors qu'il reste encore un peu de liquide dans le récipient, puis on replace le bec de gaz au-dessous du ballon, lorsque le caoutchouc n° 2 commence à se gonfler on ouvre la pince n° 2 et on recueille le bioxyde d'azote dans une cloche à gaz.

Le calcul s'effectue comme il a été indiqué plus haut.

Une autre manière d'opérer consiste à faire un essai avec une solution titrée de nitrate pur et avec une solution de la substance à analyser, les quantités d'azote sont proportionnelles aux volumes de gaz obtenus.

Un assez grand nombre de nouvelles méthodes ont été proposées pour le dosage de l'azote nitrique ; nous citerons celles d'Arnold et Wedemeyer et de Ulsch.

Dans le premier cas on se sert d'un tube semblable à ceux qui servent pour la méthode Will, Warrentrapp et Péligot, on y introduit 5 cm. d'un mélange à 1 partie de formiate de soude et 9 parties de chaux sodée, puis une couche de 25 cm. composée de la matière à analyser et d'un mélange à portions égales de chaux sodée, de formiate de soude et de sulfate de soude anhydre avec deux parties de sulfate de soude hydraté (hyposulfite de soude), enfin une couche de 5 cm. de formiate de soude et de chaux sodée.

On continue comme pour la méthode de Will, Warrentrapp et Péligot.

Dans le second cas on dissout 20 gr. de la matière à analyser dans 1000 cm³ on en prend 25 qu'on introduit dans un ballon avec 4 gr. de fer réduit par l'hydrogène, on ajoute 12 cm³ d'acide sulfurique étendu de deux fois son volume d'eau, on chauffe doucement jusqu'à ébullition que l'on maintient pendant quelques minutes ; 50 cm³ d'eau et 25 cm³ de lessive de soude à 1,3 de densité sont ensuite introduits dans le ballon. On distille l'ammoniaque dans une liqueur titrée.

Azote total. — La méthode classique de dosage de l'azote total est celle de Dumas que nous ne décrirons pas ici, parce qu'elle est trop longue à effectuer pour un essai commercial.

On peut pour obtenir l'azote total dans un engrais ou dans une terre, doser la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal par une des méthodes de Will ou de Kjeldahl et l'azote nitrique par la méthode de Schlœsing.

Digitized by Google

On peut encore doser d'un seul coup l'azote sous ses trois états par les méthodes Kjeldahl-Jodlbauer, Arnold-Wedemeyer et Ulsch-Kjeldahl.

Méthode Kjeldahl-Jodlbauer. — Préparer d'abord de l'acide phénylsulfurique en ajoutant à 50 cm³ de phénol de l'acide sulfurique jusqu'à obtention de 100 cm³ de liquide.

On introduit 0 gr. 500 environ de la matière à analyser dans un ballon avec 20 cm³ d'acide sulfurique concentré et 2 cm³ 5 d'acide phénylsulfurique, après dissolution on ajoute, par petites portions et en maintenant le ballon froid, 3 gr. de zinc en poudre, on laisse en repos pendant deux heures, on ajoute 2 gr. de mercure et on continue comme pour la méthode Kjeldahl.

La méthode Arnold Wedmeyar s'applique, comme il a été dit, au dosage de l'azote nitrique.

Méthode Ulsch-Jodlbauer (1). — Suivant la teneur en azote, on pèse un ou plusieurs grammes de la substance qu'on introduit dans un ballon de 300 cm³ ; on ajoute de l'eau jusqu'à consistance pâteuse, puis de 1 à 4 gr. de fer réduit suivant la richesse en azote de la matière en expérience et 5 à 10 cm³ d'acide sulfurique étendu de deux fois son volume d'eau. Si la substance contient de la chaux, il faut en plus l'acide sulfurique nécessaire à sa neutralisation, on continue comme pour la méthode de Ulsch jusqu'à complète réduction ; on ajoute ensuite un peu d'oxyde et cuivre de 15 cm³ d'un acide contenant 200 gr. d'acide phosphorique anhydre pour un litre d'acide sulfurique concentré ; on chauffe d'abord doucement pour évaporer l'eau, puis plus fort jusqu'à ce que le liquide soit devenu limpide et clair. On continue comme d'après Kjeldahl.

DOSAGE DE LA POTASSE

On peut avoir à doser la potasse contenue dans un engrais complexe ou dans une terre.

Dans un engrais, calciner doucement de 2 gr. à 5 gr. de l'engrais suivant sa richesse présumée en potasse, on détruit ainsi les matières organiques et les sels ammoniacaux ; traiter le résidu par l'eau chaude, filtrer, laver le filtre, ajouter au liquide clair l'acide chlorhy-

(1) *Chemiker Zeitung*, 1893, n° 54.

Digitized by Google

drique presque jusqu'à neutralisation, puis de l'eau de baryte en excès afin de précipiter l'acide sulfurique, l'acide phosphorique et la magnésie. Éliminer ensuite l'excès de baryte et de chlorure de baryum par le carbonate d'ammoniaque, chauffer, filtrer et évaporer à sec le liquide obtenu dans une capsule en platine afin de chasser les sels ammoniacaux ; reprendre par l'eau, ajouter de l'acide chlorhydrique jusqu'à neutralisation et doser par le bichlorure de platine, la potasse à l'état soit de chloroplatinate de potasse, soit à l'état de platine. Pour cela le liquide contenant la potasse et neutralisé par l'acide chlorhydrique est placé dans une capsule en porcelaine et additionné d'une quantité de bichlorure de platine plus que suffisante pour la précipitation de la potasse et de la soude, on évapore au bain-marie, puis on reprend par l'alcool 85-90°, on filtre sur un filtre séché et taré, on lave avec soin à l'alcool par décantation et sur le filtre, puis on sèche à l'étuve à 110°. On pèse entre deux verres de montre qui ont servi à tarer le filtre ; la différence entre les deux pesées de verres de montre plus le filtre avant et après filtration donne le poids de chloroplatinate correspondant à la potasse de la quantité pesée de l'engrais.

On peut encore peser à l'état de platine, en réduisant le chloroplatinate par le formiate de soude.

Dans une terre. — Le dosage est beaucoup plus délicat, car suivant les réactifs qui servent à l'attaque, on obtient des résultats très différents. Généralement on traite 10 gr. de terre par 40 gr. d'eau régale, on évapore à sec, on reprend par l'eau et on filtre ; on évapore de nouveau le liquide clair, mais cette fois avec de l'acide sulfurique ; on reprend par l'eau chaude, on ajoute de la baryte et on continue comme pour un engrais.

Nous n'avons donné ici que les méthodes destinées au dosage de l'acide phosphorique, de l'azote et de la potasse ; ces trois éléments étant ceux dont le dosage se présente le plus souvent en sucrerie ; pour la chaux, la magnésie, etc... nous renvoyons aux ouvrages qui s'occupent spécialement d'analyses d'engrais et de terre.

Digitized by Google

TROISIÈME PARTIE

—

FABRICATION DU SUCRE DE CANNES

CHAPITRE PREMIER

—

LA CANNE A SUCRE

ORIGINE ET DESCRIPTION DE LA CANNE

Les origines de la canne à sucre sont fort discutées.

Varron, dans son ouvrage de *Re rustica*, parle d'un grand roseau d'où l'on retire un sucre si doux que le meilleur miel ne saurait lui être comparé.

Dioscoride et, après lui, Pline l'ancien, naturaliste du 1er siècle après Jésus-Christ, racontent que l'Arabie produit du sucre, mais que celui de l'Inde est plus renommé.

Le père Labat, en 1696, dans le récit de son voyage aux îles de l'Amérique, affirme que la canne à sucre est indigène en Amérique aussi bien que dans les Indes ; pour appuyer cette assertion, il raconte qu'en 1525, l'Anglais Thomas Gage, faisant le voyage de la Nouvelle-Espagne et étant en rade de la Guadeloupe, des sauvages lui apportèrent plusieurs sortes de fruits et entre autres des cannes à sucre. Or, il est certain que jamais les Espagnols n'ont cultivé un pouce de terrain dans les petites Antilles. Il est vrai qu'au deuxième voyage de Christophe Colomb, ils y mirent des porcs pour que leurs flottes pussent y trouver de la viande fraîche ; mais ils ne pouvaient avoir l'idée d'y planter des cannes que les porcs auraient détruites ;

Digitized by Google

de plus, ils n'y séjournèrent jamais que l'espace de temps nécessaire pour faire de l'eau.

L'auteur rapporte que dans un de ses voyages en 1556, c'est-à-dire peu de temps après la découverte de l'Amérique du Sud, Jean de Lery trouva la canne à sucre sur les bords de la rivière de Janeiro.

M. Raoul attribue à la canne une origine polynésienne.

D'après v. Lippmann, la canne serait originaire des rives du Gange et aurait été connue des Grecs par les campagnes d'Alexandre le Grand environ 327 ans avant Jésus-Christ ; voici d'ailleurs les dates indiquées par lui relativement à la diffusion de la canne dans les divers pays.

La canne à sucre, originaire des rives du Gange, est connue des Grecs par les campagnes d'Alexandre le Grand. Elle se répand successivement dans les pays suivants :

Distribution géographique de la canne à sucre par ordre chronologique
(d'après v. Lippmann)

Dates		Pays	Dates		Pays
250 ans av. J.-Ch.		Chine.	1420 ans apr. J.-Ch.		Madère.
1 an apr. J.-Ch.		Indes Orientales (Java).	1480	»	Canaries, St-Thomas.
400	»	Cachemir, Le Thibet.	1493	»	St-Domingue.
450	»	Gondisapour.	1520	»	Mexico.
600	»	Ceylan.	1524	»	Kaboul, Tiflis, Oxus.
643	»	Egypte.	1532	»	Brésil.
680	»	Syrie.	1533	»	Pérou.
700	»	Chypre.	1549	»	Provence.
700	»	Cambodge.	1580	»	Paraguay.
700	»	Socotora.	1620	»	Argentine.
709	»	Maroc.	1630	»	Guadeloupe, Martinique.
714	»	Espagne.	1640	»	St-Christophe.
750	»	Provence.	1641	»	Barbades.
818	»	Crète.	1664	»	Bourbon.
827	»	Sicile.	1673	»	Louisiane.
850	»	Madagascar.	1712	»	Maurice.
850	»	Andaman, Nicobar.	1770	»	Japon.
900	»	Tyr, Tripoli.	1785	»	Pensylvanie.
900	»	Tabaristan, Balch.	1850	»	Australie.
1100	»	Zanzibar.	1852	»	Natal.
1100	»	Morée.	1852	»	Madère.
1200	»	Majorque.			

Description de la canne à sucre. — La canne à sucre (*Saccharum spontaneum, saccharum officinarum, arundo saccharifera*) est une plante tropicale et intertropicale. Sa culture ne réussit qu'entre le 36e degré latitude Nord (côte du midi de l'Espagne) et le 38e degré la-

Digitized by Google

titude Sud (Nouvelle Galles du Sud, en Australie). Elle appartient à la famille des graminées.

Voici la description qu'en donne l'éminent professeur de botanique de l'École de Médecine de Paris, M. Baillon :

« La canne à sucre, *saccharum officinarum*, est une grande herbe vivace, atteignant de 2 à 5 m. de haut. Les branches aériennes issues de son rhizôme sont dressées, cylindriques, de couleur jaune, rougeâtre, violacée ou tachetée suivant les variétés, lisses ou noueuses ; les nœuds inférieurs surtout rapprochés les uns des autres, portant chacun un bourgeon (axillaire) volumineux. Au niveau de ces bourgeons, tout le pourtour de l'entre-nœud présente une zône saillante, parsemée irrégulièrement de petites proéminences, 2-3 séries (zone des racines adventives). Les feuilles sont distiques, rapprochées et emboîtées, se détruisant de bonne heure de bas en haut à partir du sol, formées d'une longue gaîne, largement ouverte, dont l'insertion répond à une couronne de poils dressés ; d'une très courte ligule entière et arquée, et d'un très long limbe dressé, puis étalé, très atténué au sommet, très finement serrulé sur les bords, souvent cilié vers la base sur les côtés, parcouru d'un grand nombre de fines nervures longitudinales et creusé sur la tige médiane d'un profond sillon pâle convexe en dessous. Les inflorescences consistent en grandes grappes composées, terminales, pyramidales, blanchâtres ou grisâtres, chargées de verticilles irrégulières de 6-8 axes secondaires eux-mêmes ramifiés. Les divisions qui portent les épillets sont allongées, flexibles, droites, arquées ou flexueuses et chaque épillet est uniforme. Ceux-ci sont d'ordinaire géminés sur leurs axes : l'un d'eux sessile et l'autre stipile ; les couples placés à distance alternativement sur les côtés de ces axes. Leur base est garnie d'une couronne épaisse de longs poils blancs et soyeux. Ils ont deux glumes peu dissemblables oblongues, lancéolées, aiguës membraneuses, l'une binerve et l'autre, supérieure, uninerve ; une glumelle unique un peu plus courte que la glume uninerve par laquelle elle est enveloppée est ovale lancéolée, non veinée, obtuse, lisse et de couleur rosée. Les glumellules au nombre de 2 sont libres, atténuées à la base, tronquées au sommet, ou lobées, ou déchiquetées. Les étamines ont des anthères semblables à celles de nos graminées indigènes, jaunes, pendantes du sommet des filets au dehors de la fleur.

« L'ovaire est ovoïde lisse, atténué supérieurement et surmonté de

Digitized by Google

deux branches stylaires de couleur rouge, chargées de nombreux poils stigmatiques.

« Dimensions : épaisseur des branches 2-6 cm., grandes feuilles 20-3 cm., limbe 1-3 m., inflorescence totale 1-2 m., épillets 1/2 cm. »

« Les racines de la canne sont fibreuses, latérales et très fines ;

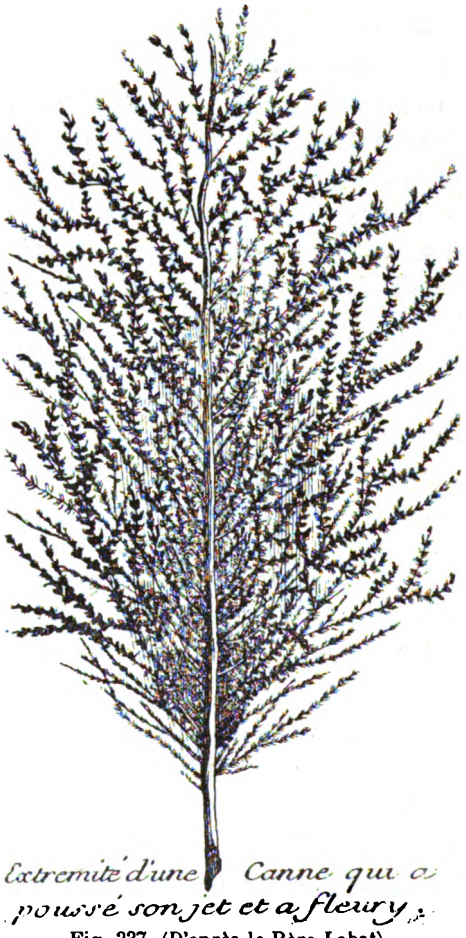


Fig. 337. (D'après le Père Labat).

elles s'étendent en tout sens de 0 m. 50 à 1 m. de la souche, suivant la nature du terrain ; elles sont peu pivotantes, ce qui fait que dans les grands ouragans les plantes sont souvent renversées.

« En dessous du point d'intersection de chaque feuille, l'épiderme de la tige est recouvert d'une matière résineuse d'un blanc grisâtre très soluble dans l'éther. Cette matière résineuse forme un anneau régulier de 5 à 8 mm. de largeur, nettement délimité et d'un blanc

Digitized by Google

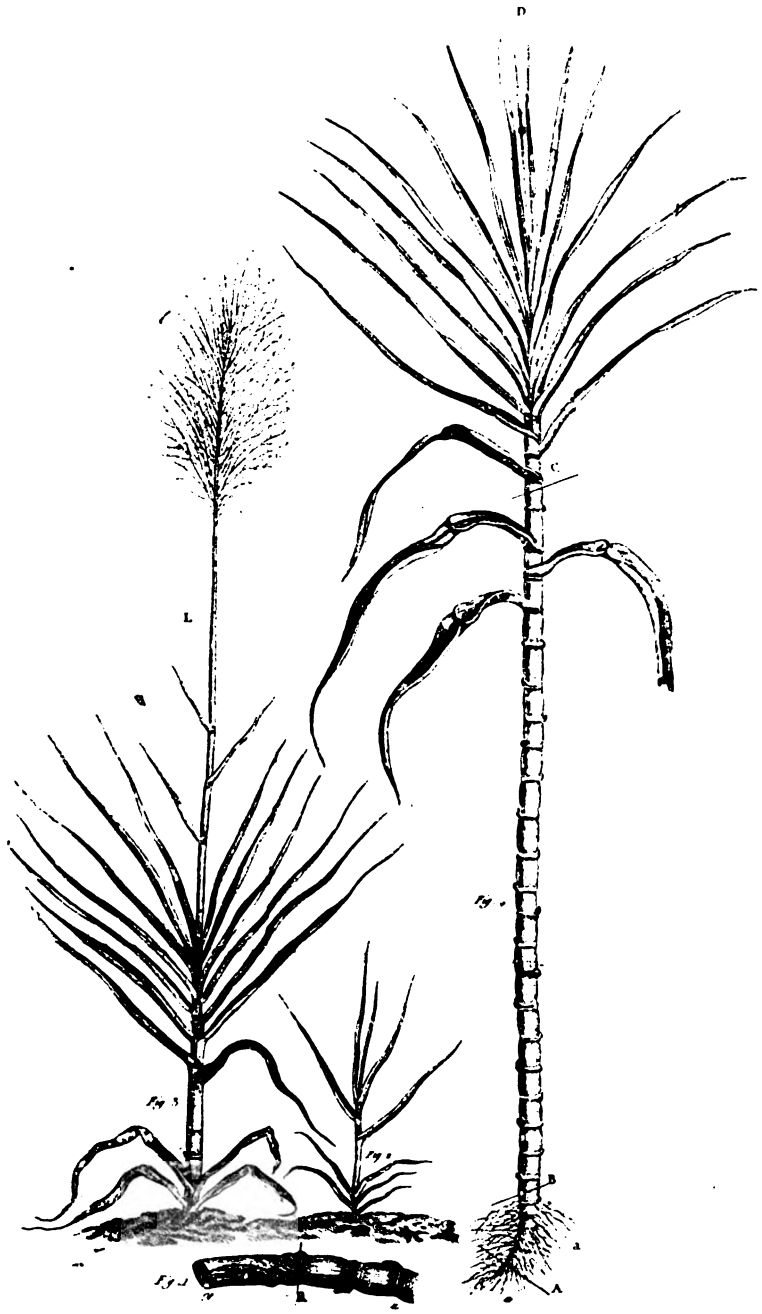


Fig. 338 et 339.

1. Tronçon de la canne formé des derniers nœuds et dont on a coupé les feuilles. Il sert de bouture. — 2. Jeune canne dans son premier développement. — 3. Canne de 5 à 6 mois dont les premiers nœuds sont au terme de la maturation. Epoque à laquelle la canne peut fleurir si elle se trouve dans le circonstances favorables à la floraison. — 4. Canne de 10 à 12 mois. Elle est partagée en trois parties : la souche A qui est la première se divise en souche primitive A et en souche secondaire *a*.

Digitized by Google

bleuâtre lorsque la tige est encore entourée de feuilles vertes ; mais elle disparaît en partie lorsque les feuilles tombent et qu'elles se trouvent exposées à l'influence des agents atmosphériques. Au-dessus de cet anneau, et au point d'insertion de la feuille, on en distingue un second qui est dépourvu de matière résineuse et parsemé de petits points blanchâtres. Quand on plante une bouture de canne, chacun de ces petits points donne naissance à une petite racine qui sert à l'alimentation de la nouvelle pousse en attendant l'émission des racines proprement dites. »

La canne ne fleurit pas toujours, certaines espèces ne fleurissent jamais. La floraison n'indique pas la maturité, celle-ci n'arrivant généralement que deux ou trois mois après l'achèvement de la floraison. Le fruit est un caryope lisse qui contient une graine à albumen féculent et un embryon latéral.

On avait longtemps nié l'existence des semences fertiles de la canne et considéré comme erronée l'opinion du célèbre voyageur Robert Bruce (1730-1794) qui affirme avoir vu semer la canne à sucre en Égypte, alors que dans l'Inde, en Chine et en Polynésie on la reproduit par bouture. Les beaux résultats fournis par la sélection des cannes issues de graines sont là pour nous prouver que ces plantes produisent des graines fertiles si l'on a soin d'apporter à leur culture les soins qu'elle exige. Nous reviendrons plus loin sur ce sujet.

Structure anatomique de la canne. — M. Delteil donne la description microscopique de la canne.

Si l'on examine, dit-il, une tranche de canne mûre coupée perpendiculairement à l'axe, on y remarque en allant du centre à la circonférence :

1° Une sorte de tissu médullaire blanchâtre formant quelquefois un canal étroit, surtout chez les vieilles cannes ayant passé maturité.

2° Des cellules polygonales renfermant du sucre (fig. 340-18).

3° Des faisceaux ligneux et vasculaires et de larges vaisseaux disséminés dans la masse du tissu cellulaire.

4° L'écorce constituée par des faisceaux ligneux très serrés.

Les cellules saccharifères sont groupées comme les alvéoles d'abeilles autour des faisceaux ligneux. Sur une rondelle mince et sèche d'une canne mûre, on aperçoit très bien à l'œil nu la disposition anatomique que nous venons d'indiquer. On y voit aussi des

Digitized by Google

cristaux de sucre cristallisable avec tous leurs caractères physiques fort reconnaissables.

Sur une coupe verticale faite le long d'une tige de canne apparais-

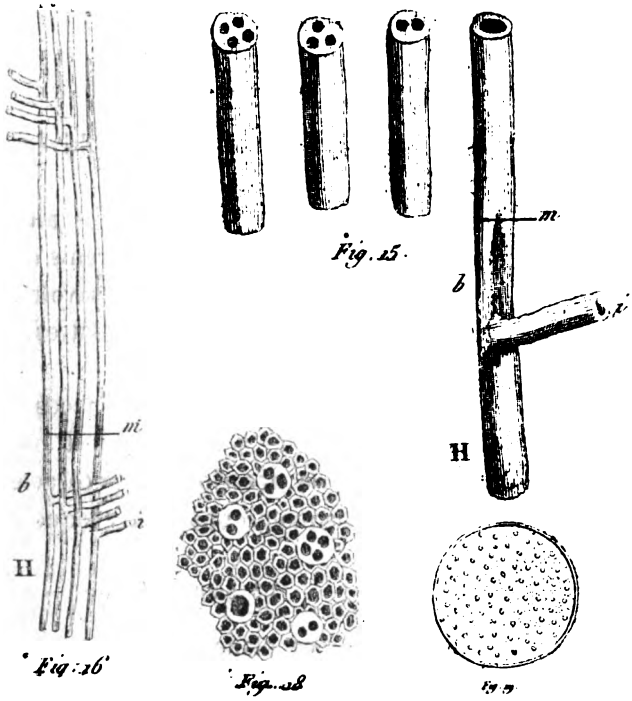


Fig. 340.

Fig. 340-15. — Vaisseaux fibreux de la canne vus à la loupe ; ils présentent des divisions transversales qui sont toujours alternes sur deux lignes opposées.

Fig. 340-16. — Disposition des vaisseaux séveux dont les divisions transversales forment en se réunissant un bouton qui renferme le germe d'une canne nouvelle.

Fig. 340-19. — Coupe transversale de la canne vue à l'œil nu.

Fig. 340-18. — Coupe transversale de la canne vue au microscope. Elle présente la substance médullaire de la canne pénétrée par les vaisseaux séveux. La disposition de cette substance est telle qu'elle forme des cellules hexagonales semblables à celles des rayons de miel.

sent les faisceaux fibreux très rapprochés les uns des autres, séparés par le tissu cellulaire et les vaisseaux.

Il existe des cannes plus tendres les unes que les autres, ce sont les plus sucrées et les plus faciles à travailler. Mais elles sont plus délicates que les autres espèces. La canne rouge d'Otahiti peut passer pour le type par excellence de ces cannes, peu chargées de faisceaux fibreux, mais très riches en tissu cellulaire et en sucre. D'autres, au contraire, telles que la canne Guinghan, sont extrêmement ligneuses

Digitized by Google

et résistantes et ne renferment, par conséquent, pas autant de jus sucré que les précédentes ; mais on recherche les cannes de cette espèce à cause de leur plus grande vigueur et de leur rusticité.

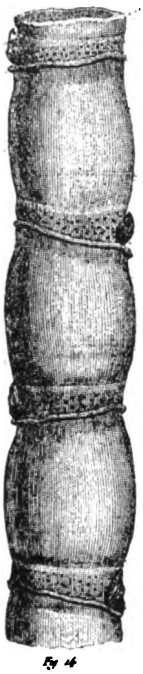


Fig. 341.
Tronçon de canne à l'état naturel.

VARIÉTÉS DE CANNES

Les variétés des cannes à sucre cultivées sont très nombreuses.

Jacob de Cordemoy et A. Delteil ont fait une classification d'après les caractères apparents des cannes, et les ont divisées en trois groupes, savoir :

1° Cannes blanches, jaunes ou verdâtres.

2° Cannes rayées.

3° Cannes rouges plus ou moins foncées.

Nous emprunterons à M. Delteil et particulièrement à M. Raoul la description des caractères qu'ils ont donnés de chaque groupe et de chaque classe.

1er GROUPE

1re Classe. Cannes blanches, jaunes ou verdâtres. — Canne jaune de Tahiti. — To Avae (canne). — Tebbou Otaïti (Java). — Canne Batavia (Réunion). — Canne de Bourbon ou d'Otaïti (Antilles et Indes). Tebbou Njamplong (Java Sourabaya). — Canne Solera (Nouvelle Grenade). — Canne de Cayenne (Brésil). — Canne jaune (Maurice). — Singapore cane. — Tebbeu L'cent (Singapour).

C'est une canne très longue atteignant 5 à 6 m. et ayant une longueur moyenne de 3 m. Les entre-nœuds ont de 15 à 18 cm. et atteignent 20 à 22 cm.

En pleine croissance, l'écorce de la tige est verdâtre et devient jaune à la maturité ; le feuillage est abondant, vert pâle, très retombant. Cette canne exige beaucoup de chaleur et un bon sol ; elle fleurit en mai à Bourbon, en octobre à la Guadeloupe. Elle était autrefois très répandue à la Réunion et à Maurice, mais en 1840 elle fut atteinte d'une maladie qui la fit abandonner en grande partie. Elle est très cultivée à la Guadeloupe ; elle donne d'ailleurs un jus riche et abondant. Elle est également assez répandue à Cuba ; elle est cul-

Digitized by Google

tivée principalement dans les terrains nouvellement défrichés et humides.

2e Classe. To Thono ou To Taihi. — Canne blanche de Tahiti. — Canne des Sandwich. — Ressemble à la précédente, mais elle est moins juteuse et plus sucrée.

3e Classe. Canne grosse verte de Tahiti. — To Irinota.

Cette canne se caractérise par une cassure nette sans trace de déchirure des tissus ligneux ; elle est assez juteuse et très riche en sucre. Sa tige est d'un vert tendre. D'après Raoul, cette canne est tombée dans l'oubli par suite des poils dont elle est recouverte qui se brisent sous les doigts, pénètrent dans les bronches et présentent de sérieux inconvénients.

4e Classe. Tebbou bettong Cappar (canne crayeuse poudrée). — Canne de Salangore. — Canne Pinang (Maurice, Réunion, Madagascar). — Chinese Cane (Straits Settlements). — Cana Cristallina (Cuba).

La tige et le pourtour sont recouverts d'une cire végétale d'un gris brun sale qui lui fit donner le nom de canne crayeuse poudrée ; elle atteint facilement 3 à 4 m. 50, et a les feuilles très larges, retombantes, d'un vert plus foncé que celle d'Otahiti. D'après Basset, la canne pesant 7 kg. ne serait pas rare. L. Wray la désigne sous le nom de canne de Salangore et la considère comme la meilleure du monde.

Delteil suppose que la canne dite de la Martinique est une sous-variété de la canne Pinang. Elle est peu cultivée à la Guadeloupe, à Maurice et à la Réunion ; mais elle est cultivée presqu'exclusivement à Cuba, où elle est très estimée pour sa longue durée de plantation (5 à 7 ans) et le peu de soin qu'elle demande.

La canne dite *Chinese cane* (Canne de Chine) donne des résultats excellents sous l'équateur et médiocres sous les Tropiques. Dans cette classe on peut encore ranger, comme sous-variété, la canne créole ; elle est tendre, juteuse, sucrée et très recherchée des mangeurs de cannes, mais pas assez avantageuse pour l'industrie.

5e Classe. Tebbou batavée (Straits settlements). — Tebbou Japara Bal (Java). — Heavy Cane (Australie). — Canne Diard verte et rose (Mascareignes).

Cette canne, très commune en Malaisie, a passé à Maurice où elle est très estimée ; elle a les entre-nœuds un peu renflés avec une teinte rose plus brillante sur les entre-nœuds inférieurs que sur les supérieurs.

Digitized by Google

6e Classe. Tebbou Witt (cannes blanches de Java). — Tebbou bamboe (Java). — Tebbou pring (Java). — Tebbou rotan (Krawang). — Tebbou pontih (Passouran). — Kulloa (Bengale). — Bellongnet blanche (Mascareignes). — Telfair (Mascareignes),

Très belle canne donnant des pousses très vigoureuses ; sa tige est de couleur jaune ou grise mélangée de vert ou de rose. Elle fleurit ; son écorce est un peu dure, mais elle est assez juteuse et sucrée.

7e Classe. Canne dite de Chine. — Mealan (Cochinchine). — Kdan (Cambodge).

Cette canne qui atteint au Bengale 3 m. 60 de haut et plus de 7 cm. de circonférence a une tige peu forte, de couleur blanche ou paille, son écorce est très dure.

D'après Raoul, les cannes *Tebbou Awon* et *Tebbou Pring* de Java doivent être comprises dans le groupe des cannes blanches. Elles sont inférieures à la Tebbou Njambourg, la première parce qu'elle contient moins de sucre, la seconde parce qu'elle a l'écorce dure et crevassée.

D'après Delteil, on peut faire entrer dans ce premier groupe la *canne éléphant*, grosse canne de Cochinchine et un certain nombre de variétés provenant de la Nouvelle-Calédonie, telles que la Tamarin, la Soerat, la Ribbon.

DEUXIÈME GROUPE. — CANNES RUBANNÉES

1re Classe. Canne rubannée d'Otahiti (Ribbon). — Canne d'Otahiti rayée rouge (Égypte). — To oura (Tahiti). — Purple striped-cane. — Otahiti ribbon-cane [Antilles anglaises, Louisiane (Wray)]. — Tebbou Soerat (Java), — Canne Guinghan (Mascareignes). — Canne Maillard (Maurice).

Cette canne est très grande et très grosse ; elle peut atteindre 5 à 6 m., elle a la tige violacée, marquée très régulièrement de bandes longitudinales d'un beau jaune, avec des nœuds plus espacés que ceux de la canne jaune. (On rencontre assez fréquemment la tige jaune avec bandes violettes régulières.) Elle demande un climat très chaud et très humide. Delteil la considère comme épuisant beaucoup le sol.

2e Classe. Canne rubannée de Batavia. — Canne transparente à ruban. — Ribbon transparent cane. — Red striped cane. — Fausse canne Guinghan. — Canne Diard rayée (Mascareignes).

Digitized by Google

Canne de petite taille, atteignant 2 m. 50 et quelquefois 3 m., dont les entre-nœuds ont de 10 à 20 cm. de long sur 10 cm. de circonférence. Elle est décrite par M. L. Wray comme ayant des bandes longitudinales rouge sang de 6 mm. à 2 cm. et demi sur un fond jaune, transparent, lustré.

Elle résiste aux basse températures et réussit dans des sols légers et sablonneux où un grand nombre d'autres variétés ne pousseraient pas.

On pourrait également, d'après Delteil, ranger dans le deuxième groupe les cannes calédonniennes connues à Maurice et à Bourbon sous les noms de :

Canne tsiambo, mapou rayée, calédonnienne rayée, scavanjérie, poudre d'or rayée, mignonne rayée, tambiaba, etc., etc.

TROISIÈME GROUPE

1re Classe. Canne violette de Batavia. — Canne pourpre de Batavia. — Tebbou moujet (Chéribon). — Tebbou assep ou wœlong (Krawang). — Tebbou itam (Straits settlements). — Purple violet cane (Indes occidentales et Louisiane). — Black impérial cane (Jamaïque). — Canne d'Otahiti (Bourbon, Maurice). — Tô ute (Tahiti. Importée).

C'est une canne très vigoureuse, supportant facilement les basses températures. Sa tige, très grande et très grosse, a une coloration pourpre violacée, plus claire après les nœuds supérieurs ; on la rencontre quelquefois entièrement colorée. Ses feuilles sont très abondantes, d'un vert foncé ; elle produit de nombreux rejetons après la coupe. Longtemps cultivée à Maurice, elle a été presque détruite par la maladie.

2e Classe. Canne de Rurutu. — To Rurutu (Rurutu). — To Rutu (Tahiti).

D'après la tradition maorie, les premiers immigrants malayopolynésiens auraient trouvé cette canne spontanée à Rurutu jusqu'alors inhabitée. Il est probable que la canne actuellement cultivée est une variété de culture de la canne primitivement trouvée à Rurutu, laquelle a dû être détruite par suite des déboisements et des ravages des animaux (Raoul).

Cette canne se distingue par sa tige violette claire, sa pulpe blanche et ses feuilles violettes.

Digitized by Google

3e Classe. Canne rouge de Java. — Canne Belonguet rouge (Maurice, Réunion). — Tebbou rood Batavia. — Tebbou Japparah. — Tebbou Merah (Malacca).

Cette canne a le feuillage sombre, la tige à fond grisâtre, marqué de rouge, elle est de taille moyenne ; quoique assez juteuse, elle est peu sucrée.

Delteil range encore dans ce groupe : le bois rouge blonde, la canne reine rouge, la canne paut Maket, le mapou rouge, etc. (1).

Dimensions de différentes variétés de cannes (2)

Variétés récoltées en 1906	Longueur de la canne (en pieds)	Longueur des entre-nœuds (en pouces)	Longueur relative des entre-nœuds formés		Diamètre moyen (en pouces)
			Durant la période de croissance (en pouces)	Durant l'hiver (en pouces)	
Striped Tip	11,75	3,18	3,60	2,03	1,01
Dark coloured Bambou .	12,33	2,92	3,39	1,77	1,11
Daniel Dupont	8,9	2,66	3,01	1,90	1,07
Altamatti	7,6	1,82	2,18	1,25	1,50
Rappae.	11,9	2,78	3,18	1,71	1,31
Moir's Wite	11,8	3,42	3,75	2,37	1,34
Demerara n° 115 . . .	9,5	2,99	3,55	1,93	1,36
» 116 . . .	12,3	3,31	3,40	2,92	1,26
» 145 . . .	13,6	3,76	3,98	2,52	1,36
» 1135 . . .	12,0	3,03	3,20	2,37	1,01
» 1483 . . .	9,7	2,41	3,03	1,33	1,61
» 1937 . . .	6,2	1,92	2,24	1,48	1,55
Barbados n° 5 . . .	8,5	2,43	2,92	1,57	1,37
» 81 . . .	11,3	2,57	2,97	1,53	1,11
» 147 . . .	9,3	3,12	3,40	2,40	1,20
» 156 . . .	12,5	3,00	3,52	1,69	1,20
» 176 . . .	9,7	2,91	2,90	2,92	1,35
» 208 . . .	7,9	2,29	2,68	1,61	1,32
» 244 . . .	8,8	2,90	3,57	1,77	1,22
» 306 . . .	10,2	2,72	3,29	1,58	1,29
Unknown	11,5	2,88	3,13	2,10	1,05

CANNES A SUCRE VENUES DE GRAINES, OU SEEDLINGS

La question de la culture des cannes à sucre venues de graines (nous les désignerons sous le nom plus bref de *seedlings*) a été, de-

(1) Voir l'ouvrage de MM. Sagot et Raoul, *Manuel des cultures tropicales*, pour la description des variétés de cannes de la Nouvelle-Calédonie.

(2) Eckart. — *Bullet. Stat. expérim. d'Hawaï. Bullet. Ass.*, janv. 1907, p. 920.

Digitized by Google

puis 20 ans, l'objet d'un grand nombre d'essais scientifiques et pratiques dans les différents pays producteurs de cannes, particulièrement aux Indes Occidentales et à Java. Les résultats de ces expériences se trouvent disséminés dans un grand nombre de mémoires et de revues ; M. L. Pellet [1] a eu l'excellente idée d'en faire un résumé succinct que nous suivrons dans ses grandes lignes.

Historique. — Jusqu'en ces derniers temps, c'était une croyance générale, même chez des esprits cultivés, que la canne ne se reproduisait pas normalement par graines, et surtout qu'une sélection faite de cette manière ne pouvait donner de bons résultats. En 1869 pourtant le baron de Villafranca hasarda quelques expériences, suivies de celles de J. Rouff à la Martinique en 1879. Mais, la question resta dans l'ombre et il faut arriver aux essais de Soltwedel à Java en 1885 et à ceux effectués peu de temps après par Harrisson et Bowell à la Barbade : ces expériences sont les premières de ce genre qui aient une valeur scientifique et fournissent des résultats dignes d'attention. Le but poursuivi par ces expérimentateurs était d'obtenir au moyen de graines des variétés nouvelles plus résistantes aux maladies, plus riches en sucre, plus pauvres en ligneux, etc., et conservant leurs propriétés dans une reproduction ultérieure par boutures. A partir de 1889-90, l'idée fait du chemin et les expériences sont poursuivies par Harrisson, Bowell, Jennam, Hart, d'Albuquerque, Wats dans les Indes Ocuidentales ; par Soltwedel, Kobus, Prinsen-Geerligs, Went à Java ; par Landes à la Martinique, Perronnet et Bonâme à Maurice, Stubbs et Blouin en Louisiane, etc.

GÉNÉRALITÉS SUR LA CULTURE DE LA CANNE PAR GRAINES

Comme nous venons de le faire observer, le but de la reproduction des cannes par graines est de créer de nouvelles variétés possédant de nouvelles proprietés, et une fois ces variétés obtenues, d'en continuer la sélection par boutures jusqu'à ce que l'on soit assuré qu'on se trouve en présence d'espèces stables qui puissent être avantageusement employées pour la culture industrielle. C'est, en effet, dans la reproduction par graines que deux plantes provenant de la même mère présentent le plus de variabilité, tandis que dans la reproduction par boutures les caractères héréditaires se transmettent avec

[1] L Pellet. — *Bull. Ass.*, juin 1906, p. 1449.

Digitized by Google

une fixité remarquable. Cependant on constate parfois des phénomènes de réversion ou d'atavisme, en ce sens que la canne venue de graines et reproduite par bouture, possède parfois toutes les propriétés de la canne mère qui a fourni la graine. Ces individus doivent être rejetés dans une sélection bien comprise. En outre, la variabilité est favorisée par les conditions nouvelles, physiologiques, physiques et chimiques d'existence de la plante, indépendamment des hybrides qu'on peut obtenir par fécondation artificielle.

Ces observations faites, voyons maintenant comment on procède dans la pratique.

Lorsque les épillets commencent à se détacher, on recueille soigneusement la graine et on la sème dans de la terre à semis stérilisée, bien propre, pas trop riche en engrais et bien humectée. La germination se fait dans une salle où règne une température de 25 à 30° C. ; on a soin de conserver à la terre une humidité suffisante. Lorsque les graines ont commencé à germer, on les transplante isolément dans des pots qu'on laisse dans la salle de germination ou qu'on expose au dehors si les conditions climatériques sont assez favorables.

Les graines de cannes, assez petites, perdent rapidement leur vitalité ; il est donc nécessaire de les faire germer le plus tôt possible, non en pleine terre, comme on l'a fait parfois, où il est matériellement impossible de réunir toutes les conditions nécessaires. Au bout de deux à trois mois, quand les jeunes pousses ont une grandeur suffisante, on les repique dans un champ spécialement préparé à cet effet, en laissant entre elles un espace suffisant pour leur développement. Lorsque les cannes sont mûres, on les analyse une à une, on note leurs caractères physiques et morphologiques, et on les utilise presque toutes pour la reproduction par boutures.

Il n'est guère possible, en effet, d'opérer une sélection rationnelle sur les cannes venues directement de graines. Lorsqu'on examine un champ cultivé dans ces conditions, on s'aperçoit que l'aspect en est plutôt misérable, les cannes prises individuellement sont petites et rabougries ; on constate une même déchéance au point de vue de la composition et de la richesse en sucre. Mais, toutes ces différences s'effacent presqu'entièrement sur les premiers rejetons venus par boutures. C'est alors que commence la véritable sélection ; elle comporte généralement : une sélection morphologique basée sur la forme

Digitized by Google

de la tige, sa hauteur, sa couleur, la longueur des entre-nœuds ; une sélection chimique d'après la richesse saccharine, la pureté, la teneur en sucres réducteurs, en gommes, en matières organiques et salines ; une sélection physiologique basée sur la durée de maturation, la résistance aux maladies cryptogamiques, à la sécheresse, à l'humidité, la quantité de feuilles, sur la facilité à monter en graines, la force germinative des boutures en deuxième, troisième, quatrième années et plus, sur la quantité de jus et de ligneux ; sur la stabilité des caractères spécifiques suivant les conditions d'existence ; enfin une sélection industrielle et économique d'après le rendement maximum à l'hectare, les frais de culture, et enfin d'après les frais de fabrication provenant de la canne elle-même, c'est-à-dire (indépendamment du rendement à l'hectare) de la facilité à être broyée ou découpée et à être purifiée, etc.

Pratiquement, on se borne aux propriétés les plus importantes, qui sont la richesse saccharine et le rendement en poids, qui entraînent généralement dans un sens favorable un grand nombre des autres conditions.

D'après ce que nous avons dit de la variabilité et de l'atavisme des seedlings, on conçoit que sur un grand nombre de plants examinés, il n'en reste que très peu qui répondent d'une manière suffisante aux conditions exigées, soit que l'on cherche à obtenir de nouvelles espèces stables, soit des sujets comparables à la mère. On continue les essais par bouturages en première et deuxième année et on répète ces essais sur un grand nombre de variétés, jusqu'à ce que l'on arrive à obtenir la canne qui réponde aux diverses exigences formulées à l'avance. On peut alors commencer à fournir des boutures à la culture industrielle. Il faut, en moyenne, compter cinq années pour être fixé sur la valeur d'une variété seedling. C'est ce qui explique les insuccès des premiers expérimentateurs et ceux de beaucoup de propriétaires planteurs ; c'est aussi le secret de la réussite des essais entrepris dans la plupart des stations agronomiques.

Il y a une autre question très importante sur laquelle il convient d'insister. Etant donné la très grande influence exercée par les conditions d'existence sur le développement de la plante, conditions que viennent modifier les diverses façons culturales, il arrive souvent qu'une variété considérée comme bonne dans les essais de laboratoire, trompe en grande culture les espérances qu'on fondait sur elle.

Digitized by Google

La réciproque est quelquefois vraie, mais rarement. Il est donc indispensable, pour être fixé sur la valeur pratique d'une espèce, de procéder à des essais faits dans des conditions industrielles. Si une espèce ne réussit pas en grande culture, il y a un intérêt scientifique et pratique à en rechercher la cause sans pour cela rejeter définitivement l'espèce.

Certaines variétés ne produisent pas de graines, ou n'en produisent que rarement. Aux Indes Occidentales, on cite la Bourbon ; à Java, la Cheribon ; à Maurice, la Big-Tanna. Pour ces espèces infertiles, Kobus emploie la fécondation artificielle. A cet effet, il intercale dans la plantation de l'espèce infertile une autre espèce très féconde. Cette méthode lui a fourni des résultats remarquables. C'est aussi la méthode préconisée par Lewton-Brain et différents savants.

Ajoutons encore quelques mots au sujet de la conservation des boutures. Il est intéressant, au point de vue de la sélection par graines, d'avoir des espèces sauvages ou acclimatées de divers pays du monde. L'expédition de ces boutures est souvent chose difficile pour les pays lointains. M. A. Howard conseille le procédé suivant : on lave les boutures pendant 24 heures dans la bouillie bordelaise, on les sèche, puis on les enterre dans du noir animal contenant un peu de carbonate de cuivre. Les boutures se conservent ainsi très longtemps.

Les méthodes de sélection varient suivant les stations agronomiques ; nous allons donner un rapide exposé de celles employées dans les principaux pays.

PRINCIPALES MÉTHODES DE SÉLECTION

Guinée britannique. — Harrisson a adopté la marche suivante :

1re sélection des parents comme producteurs de graines ;
2e » des plus vigoureux seedlings obtenus pour la reproduction dans les champs ;
3e » d'après les conditions de culture ;
4e » analytique faisant suite à la troisième ;
5e » consistant à replanter les têtes des espèces sélectionnées en 3e et 4e, et à continuer les essais en 2e, 3e et 4e années.

Digitized by Google

6e sélection les cannes sélectionnées sont de nouveau comparées dans les mêmes conditions de culture ;

7e » d'après l'influence des engrais.

D'après le même auteur, la culture répétée par graines tend à fournir de plus en plus des espèces à graines de plus en plus fertiles, mais donnant des cannes peu riches en sucre.

Java. — La méthode suivie par Prinsen Geerligs pour obtenir la canne de graines est celle que nous avons exposée aux *généralités*. Kobus, comme nous l'avons dit plus haut, pratique avec succès la sélection par croisement de deux variétés. Cette sélection se fait en trois années, après lesquelles on peut livrer des boutures aux planteurs.

Trinité. — Hart procède comme suit : la première année on obtient une espèce déterminée venue directement de graines. Chaque année, après analyse, on plante huit carrés d'essai que l'on continue en deuxième année. Si, au bout de ce temps, la canne conserve ses propriétés distinctives, on en plante un champ de 20 a. qui permet seulement alors de déterminer le rendement à l'hectare. Enfin, la cinquième année, les boutures peuvent être distribuées aux planteurs. D'autre part, Hart estime avec Percival qu'il est préférable d'essayer les qualités héréditaires des seedlings dans un terrain pauvre et sans excès d'engrais, sinon la quantité tendrait à l'emporter sur la qualité.

RÉSULTATS OBTENUS DANS DIFFÉRENTS PAYS

Java. — Les premiers essais de Soltwedel furent faits en 1885, avec la S. Gougloug et la jeune Hawaï. Parmi les planteurs qui obtinrent de bons résultats, on signale Moquette et Bouricius. Prinsen Geerligs et Went ont longuement étudié la reproduction des cannes par graines au triple point de vue botanique, chimique et physiologique. Kobus, qui s'est particulièrement occupé de variétés de cannes obtenues par croisements de deux variétés, a obtenu des rendements en sucre de 15 à 20.000 kg. à l'hectare après quelques années de reproduction par boutures.

Queensland. — Les premiers essais qui remontent déjà à un certain nombre d'années, ne paraissent pas avoir été poursuivis régulièrement. Ils ont été repris en dernier lieu par M. Maxwell et fourniront certainement de bons résultats.

Digitized by Google

Iles Hawaï. — Depuis 1903, la station expérimentale de Honolulu s'occupe de produire des cannes issues de graines. Au début, les conditions climatériques ont été contraires à ces essais, mais elles se sont améliorées depuis et l'on a pu distribuer aux planteurs des lots de cannes nouvelles. Dès novembre 1906, M. Clarke réussit à obtenir 11 hybrides d'après la méthode scientifique de M. Lewton Brain. Depuis cette époque le nombre de plantes issues de graines par fécondation artificielle a augmenté et on ne tardera pas à être renseigné sur la valeur de ces nouveaux types (Aug. de Villèle).

Louisiane. — La première variété cultivée en Louisiane fut la Créole. En 1797, la variété Tahiti fut introduite et s'adjoignit à la Créole. L'introduction des variétés rubanées et pourpres date de 1817 à 1825. Ces variétés ne tardèrent pas à remplacer les cannes Créole et Tahiti et sont aujourd'hui les principales variétés cultivées. En 1886, 25 variétés furent introduites des contrées étrangères, mais aucune d'elles ne fut reconnue supérieure aux cannes pourpre et rubanée. Puis vient l'introduction des cannes seedlings dont un grand nombre ont été expérimentées. Depuis 1894 des boutures ont été livrées à la culture, notamment des variétés D. 74 et D. 95, originaires de la Guyane anglaise. Ces variétés se sont très bien acclimatées en Louisiane où elles occupent actuellement de grandes surfaces ; la D. 74 surtout a pris une grande extension, et les rapports des plantations montrent bien leur supériorité tant au point de vue de la richesse saccharine qu'à celui du rendement cultural. On estime que l'augmentation en sucre est d'au moins 25 % à l'hectare et que les frais de main-d'œuvre aux champs et à l'usine se trouvent sensiblement diminués.

Brésil. — Les premiers essais au Brésil ont été faits en 1891 par don Manuel Cavalcanti avec la « Cayana Otaheite » indigène. Les résultats obtenus furent très satisfaisants. La sélection remonte maintenant à plusieurs années et les planteurs sont très contents de ces seedlings. A. Watts a publié différentes analyses de ces cannes.

Barbade. — C'est en Barbade que Harrisson et Bowell commencèrent leurs premiers essais en 1887. Des expériences poursuivies depuis cette époque il résulte que les espèces les plus satisfaisantes à tous les points de vue sont, dans l'ordre de mérite : B. 208 — B. 147. — White transparent — B. 376. — Sealy Seedlings. La surface plantée en seedlings est maintenant considérable. On s'inspire de la

Digitized by Google

méthode Lewton-Brain pour la reproduction par croisement artificiel.

Guinée britannique (Demerara). — Harrisson et Jenman ont fait en Demerara des essais très étendus couronnés de résultats, si bien que les quelques espèces créées par eux ont montré une supériorité marquée dans la plupart des pays où elles ont été importées. La plupart des plantations sont maintenant faites en Seedlings.

Sainte-Lucie. — D'après Landes, quelques essais ont été effectués dont les résultats n'ont pas été publiés.

Iles Leeward. — Commencés en 1889, les essais de sélection se poursuivent parallèlement dans les deux îles Antigua et Saint-Kitts sous la haute direction de F. Watts. Les seedlings sont maintenant adoptés en grande partie dans ces îles. Les espèces qui donnent les meilleurs résultats sont dans l'ordre de mérite B. 208 — B. 109 — B. 306 — D. 95 — Sealy Seedlings — Caledonian Queen. La B. 208 est une canne vigoureuse, de couleur verte, à feuilles poussant bien verticalement ; les œilletons sont proéminents avec tendance à bourgeonner. — La B. 109 est jaune-verte avec des feuilles vert foncé. Elle s'effeuille facilement. On constate que, malgré certaines variations imprévues d'une année à l'autre, certaines variétés maintiennent toujours leur supériorité.

Trinité. — Les essais scientifiques furent commencés en 1889 au jardin botanique sous la direction de Hart. Les plants venaient d'espèces déjà sélectionnées à la Barbade et en Demerara. Dès 1895 on a commencé à distribuer des boutures d'espèces sélectionnées dans l'île, et supérieures à celles qui sont ordinairement cultivées également dans l'île : Bourbon et Queen Caledonian. La résistance de ces cannes aux maladies est très grande, les rendements satisfaisants, et enfin la durée du développement est plus courte. Les espèces venant en tête sont D. 74 — D. 96 — D. 102.

CONCLUSIONS

De l'ensemble de ces résultats, on peut conclure que certaines variétés montrent, partout où elles sont cultivées, une supériorité incontestable. Telles sont : la D. 74 et la D. 95, la B. 109 et la B. 208. Il est à peine nécessaire de faire remarquer que les critiques plus ou moins fondées qu'on avait formulées tout d'abord contre l'emploi des

Digitized by Google

seedlings ont été victorieusement réfutées par les résultats obtenus. L'opinion générale est d'ailleurs aussi favorable maintenant aux seedlings qu'elle leur était hostile au début. Les planteurs peuvent profiter des résultats obtenus en se procurant dans les stations agronomiques les boutures des meilleures variétés, et essayer de regagner l'avance qu'ont pu prendre ceux de leurs collègues mieux avisés.

Digitized by Google

CHAPITRE II

—

RICHESSE SACCHARINE ET COMPOSITION DE LA CANNE

La richesse saccharine et la composition de la canne varient considérablement suivant les variétés cultivées, le climat sous lequel elles végètent, la qualité du sol et des engrais. L'influence exercée par les conditions de température et par les engrais se traduit presque toujours par une avance ou un retard de la maturation, qui elle-même influe sur la proportion des éléments contenus dans la canne. Ainsi, on sait qu'un temps couvert et humide, une terre fertile, de fortes fumures azotées et potassiques retardent la maturation de la plante, sans précisément être toujours des causes de diminution de la richesse saccharine au moment de la maturité ; que, par contre, un temps sec, ensoleillé, une terre pauvre en matières fertilisantes, une fumure azotée et potassique insuffisante, ont pour effet de diminuer la durée de la végétation.

D'un autre côté, les composants de la canne varient durant toute la période de végétation, et leurs proportions diffèrent suivant les parties de la plante. Celle-ci, en effet, est un être vivant dont chaque organe remplit sa fonction propre et a, par suite, une constitution différente de celle des autres.

RICHESSE SACCHARINE DE LA CANNE

La saccharose, la dextrose et la lévulose sont les seuls sucres qui se rencontrent normalement dans la canne. Les pentoses (xylose et arabinose) semblent exister à l'état de traces dans les cannes décomposées et résultent sans doute de l'inversion de la xylane et de l'arabane contenues dans le ligneux. La présence de la maltose et de la raffinose a été signalée, mais elle demande confirmation.

Digitized by Google

Tenant compte des faits indiqués plus haut, Went [1] a fait une série d'expériences très complètes pour déterminer la formation, la transformation, la migration et l'accumulation des sucres dans la canne. Il est intéressant de résumer les faits établis par lui à ce sujet.

Formation du sucre dans la canne. — Sous l'influence de la lumière salaire, les hydrates de carbone se forment d'acide carbonique et d'eau dans les feuilles. Le premier produit visible ainsi formé est la saccharose, qui peu à peu s'accumule dans la tige ; mais, lorsque la quantité formée est momentanément trop grande pour y être transportée aussitôt, ce qui arrive principalement durant le jour, l'excès en est fixé sous forme d'amidon. Plus tard, pendant la nuit, cet amidon est dissous et transporté à la tige sous forme de glucose. Les feuilles contiennent, outre la saccharose et la glucose, un peu de fructose, formée sans doute par l'inversion d'une partie de la saccharose.

Dans l'étude de la migration de ces sucres, il convient de faire une distinction entre ceux qui sont transportés de feuilles jeunes et ceux de feuilles plus âgées. Ces derniers entrent dans la tige par un entre-nœud déjà adulte : la saccharose ainsi emmagasinée reste invariable, et la majeure partie de la fructose se transforme graduellement en saccharose. Au contraire, les sucres formés dans les feuilles jeunes où l'assimilation et les hydrates de carbone sont en proportion plus grande, émigrent vers le sommet de la plante.

Là il se produit une inversion d'une partie de la saccharose, inversion d'autant plus étendue que la croissance de la plante est plus intense. Une partie de la glucose qui en résulte est employée a la formation de la cellulose, une autre partie est transportée au point de végétation où elle se combine avec des matières azotées pour former de l'albumine. La glucose qui reste au sommet est en partie détruite par la respiration de la plante, et en partie transformée en amidon qui se fixe temporairement dans les feuilles et les nœuds du sommet de la tige.

Si l'on considère un entre-nœud depuis le moment de sa formation jusqu'au point de maturité, on constate qu'il ne renferme tout d'abord que de l'amidon comme seul hydrate de carbone. Cet amidon est con-

[1] *Archief voor de Java Suikerindustrie*, 1896, 605. — *Bull. Ass.*, t. XV, p. 807, 935, 1217 et t. XVI, p. 25. — Prinsen Geerligs, *Bull. Ass.*, t. XIV, p. 1080.

Digitized by Google

sommé graduellement pour la formation de la cellulose ; en même temps l'entre-nœud entre dans une période où la feuille adhérente commence à assimiler. Les sucres y affluent, l'entre-nœud se développe ; la dextrose et la fructose restent intactes et la majeure partie de la saccharose est invertie. Une partie de la glucose émigre dans les entre-nœuds supérieurs, une autre partie sert à former de la cellulose pendant la croissance. Lorsque l'entre-nœud a atteint son complet développement, il ne contient donc que très peu de saccharose et une importante proportion de dextrose et de fructose ; celle-ci se combine à la dextrose, de sorte qu'il ne reste finalement que de la saccharose et de la dextrose. La quantité de saccharose va sans cesse en augmentant, tandis que la dextrose diminue.

Enfin, l'entre-nœud entre dans une période où la feuille n'assimile plus et commence à se dessécher. A partir de ce moment la quantité de sucres n'augmente qu'autant qu'ils sont fournis par les parties supérieures de la plante, et cette migration est elle-même ralentie peu à peu par la distance qui sépare les organes qui assimilent de ceux qui emmagasinent, et finit par s'arrêter complètement à un moment donné. La saccharose dans les entre-nœuds augmente dès lors aux dépens de la dextrose, de telle sorte que celle-ci, sans disparaître complètement, est finalement réduite à une proportion de 0,25 °/₀ du poids de la canne à la maturité. Lorsque le point de maturité est dépassé, la saccharose est invertie de nouveau en partie, de sorte qu'on retrouve dans la canne morte les deux constituants du sucre inverti.

Cependant, les entre-nœuds de la canne ne se comportent pas tous de cette manière, et il y a lieu d'établir une exception pour ceux qui portent les racines. Celles-ci exigent du sucre réducteur pour la formation des tissus et des albuminoïdes, ce sucre réducteur est emprunté à l'entre-nœud qui porte les racines où il est formé par inversion de la saccharose. Il s'ensuit que l'accroissement du sucre dans ces joints, quoique notable pendant leur développement, est moins grand que dans les entre-nœuds situés au-dessus qui n'ont pas à pourvoir aux exigences des racines. Tout le sucre emmagasiné dans le joint à racines au cours de la végétation sert à l'accroissement de ces dernières, et sa teneur en saccharose n'augmente pas.

Il résulte de ces faits que l'entre-nœud le plus riche en saccharose est celui qui se trouve situé au niveau du sol, c'est-à-dire immédiatement au-dessus du dernier joint à racines ; il en sera de même après

Digitized by Google

chaque butage de la canne qui, recouvrant de terre humide l'entre-nœud inférieur, provoquera la formation de nouvelles racines aux dépens du sucre qui s'y trouve emmagasiné. A l'âge de 6-7 mois, la teneur la plus élevée en saccharose se trouvera en un point plus élevé de la tige, et à l'approche de la maturité peu éloigné du sommet. Ce mouvement ascensionnel peut s'accentuer encore lorsque les entre-nœuds inférieurs ont dépassé le point de maturité et que leur teneur en saccharose diminue.

Richesse saccharine des différents entre-nœuds de la canne. — M. Went, continuant ses recherches, a démontré que les cannes récoltées dans un même champ avaient sensiblement la même composition. Il a étudié en outre la composition de chacun des entre-nœuds de la canne d'un même champ à différentes époques de la végétation, les résultats qu'il a obtenus se trouvent consignés dans une série de tables qu'il sera intéressant de reproduire en partie. Les études faites à ce sujet se rapportent à huit plantations différentes. Dans les tableaux, les chiffres romains ont les significations suivantes :

Colonne I. — Numéro des entre-nœuds, à partir du bas.
» II. — Longueur des entre-nœuds en centimètres.
» III. — Poids des entre-nœuds en grammes.
» IV. — Pour 100 de saccharose dans chaque entre-nœud.
» V. — Pour 100 de glucose dans chaque entre-nœud.
» VI. — Matière sèche dans chaque entre-nœud (saccharose + glucose).
» VII. — Saccharose exprimée en p. 100 du nombre de la colonne VI.
» VIII. — Glucose exprimée en p. 100 du nombre de la colonne VI.
» IX. — Saccharose p. 100 de jus.
» X. — Glucose p. 100 de jus.
» XI. — Somme des chiffres des colonnes IX et XI.

JEUNE CANNE. — 1 *tige de* 6 *mois* ; 1-11 *racine* ; 21-30 *sommet blanc*

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1-10	8,0	24,5	6,7	0,26	25,5	26,3	1,0	9,4	0,4	9.8
11-15	9,0	36,0	9,7	0,4	16,0	60,6	2,5	11,6	0,5	12,1
16-18	10,0	39,5	9,0	1,0	13,0	69,2	7,7	10,4	1,2	11,6
19 20	8,5	35,5	6,9	1,9	12,8	53,9	14,8	7,9	2,2	10,1
21-30	13,5	39,0	2,5	2,5	12.3	20,3	18.7	2,8	2,6	5,4
Total	49,0	174,5	6,94	1,25						

La tige analysée ici, bien qu'elle soit âgée de 6 mois, n'avait que des entre-nœuds très petits par suite du manque d'eau dans le sol. La distribution du sucre (colonnes IV et V) montre que le maximum

Digitized by Google

de glucose se trouve vers le sommet. Ce fait paraît être en rapport avec la croissance pénible de la plante.

1 *tige de* 7 *mois* ; 1-16 *racine*, 34-40 *sommet blanc*

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1-10	9,0	22,5	5,9	0,14	30,7	19,1	0,4	8,5	0,2	8,7
12-16	8,0	35,0	8,8	0,16	27,0	44,0	0,7	11,3	0,2	11,5
17-18	5,5	30,0	12,1	0,21	17,7	68,3	1,2	14,7	0,2	14,9
19-20	6,0	41,0	13,3	0,24	15,0	88,9	1,6	15,7	0,3	16,0
21-22	6,5	33,0	12,6	0,25	14,4	87,5	1,7	14,7	0,3	15,0
23-24	8,0	53,5	12,0	0,35	13,8	87,0	2,5	13,9	0,4	14,3
25-26	6,0	41,0	10,0	0,7	13,3	75,2	5,3	11,5	0,8	12,3
27-28	7,0	48,0	8,2	1,1	13,1	62,6	8,4	9,4	1,3	10,7
29-30	6,5	45,5	6,1	1,5	13,0	47,0	11,5	7,0	1,7	8,7
31-32	7,5	53,0	3,2	2,2	10,6	30,2	20,7	3,6	2,4	6,0
33	5,5	33,0	1,5	2,6	11,0	13,6	23,6	1,7	3,0	4,7
34-40	13,0	40,0	0,8	2,0	10,9	7,3	18,3	0,9	2,2	3,1
Total	87,5	475,5	7,86	1,02						

1 *tige de* 8 *mois* ; 1-18 *racine* ; 34-41 *sommet blanc*

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1-13	10,0	31,0	6,8	0,21	23,6	28,8	0,9	8,9	0,3	9,2
14-16	8,5	41,0	11,7	0,4	16,6	70,5	2,4	14,0	0,5	14,5
17	5,5	29,5	11,8	0,6	15,3	77,1	3,9	14,4	0,7	15,1
18	6,5	38,5	11,6	0,7	14,6	79,4	4,8	13,6	0,9	14,5
19	6,0	36,5	11,2	0,8	14,6	76,7	5,5	13,0	1,0	14,0
20	5,5	36,0	11,2	0,9	14,0	80,0	6,4	13,0	1,0	14,0
21-22	7,5	51,0	11,1	0,9	13,2	84,1	6,8	12,8	1,0	13,8
23	7,0	48,0	10,8	1,4	12,5	86,4	11,2	12,4	1,6	14,0
24	8,0	58,0	10,8	1,5	12,1	89,3	12,4	12,3	1,7	14,0
25	8,0	57,0	10,7	1,6	11,6	92,2	13,8	12,1	1,8	13,9
26	10,0	70,0	10,6	1,9	10,7	99,1	17,7	11,9	2,1	14,0
27	11,5	80,0	9,8	2,0	(11,0) [1]	(89,1)	(18,2)	(11,0)	(2,2)	(13,2)
28	10,5	77,0	9,2	2,1	11,2	83,0	18,7	10,4	2,4	12,8
29	11,0	72,5	7,9	2,2	11,8	67,0	18,7	9,0	2,4	11,4
30	11,0	72,5	6,9	2,3	10,6	65,1	21,7	7,7	2,5	10,2
31	12,0	74,5	5,5	2,4	11,1	49,5	21,6	6,2	2,7	8,9
32	12,0	71,5	3,8	2,6	10,6	35,8	24,5	4,3	2,9	7,2
33	10,5	59,0	2,3	2,6	9,9	23,2	26,4	2,6	2,9	5,5
34	10,0	42,0	1,3	2,5	10,2	12,7	24,5	1,5	2,8	4,3
35-41	17,5	40,0	0,8	1,8	9,7	8,2	18,6	0,9	2,0	2,9
Total	188,5	1085,5	8,17	1,75						

(1) Les chiffres entre parenthèses ont été calculés par interpolation.

Ici encore on constate une diminution progressive de la saccharose

Digitized by Google

dont le maximum se trouve au niveau du sol, tandis que le maximum de glucose est très rapproché du sommet. La teneur en glucose des entre-nœuds inférieurs est très faible, ce qui est parfaitement d'accord avec ce que l'on constate dans la canne mûre.

A la faveur de pluies intermittentes, la canne de cette plantation avait considérablement grandi.

On voit que la teneur en saccharose est assez constante jusqu'aux deux tiers de la hauteur et que le maximum de glucose se trouve en un point plus éloigné du sommet que pour la canne de 7 mois. On

1 *tige de* 9 *mois*; 1-20 *racine*; 39-47 *sommet blanc*

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1-13	12,0	50,0	9,0	0,21	19,2	46,8	1,1	11,1	0,3	11,4
14-15	9,5	49,0	12,6	0,20	16,9	74,5	1,2	15,2	0,2	15,4
16	7,0	35,0	13,0	0,32	16,6	78,3	1,9	15,6	0,4	16,0
17	7,5	40,0	13,1	0,4	16,9	77,5	3,0	15,8	0,5	16,3
18	7,0	37,0	13,5	0,5	14,1	95,7	3,5	15,6	0,6	16,2
19	7,5	45,5	13,5	0,6	13,4	100,7	4,5	15,6	0,7	16,3
20	6,5	42,0	13,5	0,6	13,8	97,8	4,3	15,6	0,7	16,3
21-22	9,5	59,0	13,5	0,5	14,0	97,4	3,6	15,6	0,6	16,2
23	7,5	52,5	13,5	0,8	12,3	109,0	6,5	15,4	0,9	16,3
24	9,0	66,5	13,5	1,1	11,7	115,4	9,4	15,3	1,2	16,5
25	10,0	76,0	13,5	1,2	10,6	127,3	11,3	15,1	1,3	16,4
26	10,0	76,5	13,5	1,2	10,7	126,2	11,2	15,1	1,3	16,4
27	11,5	86,5	13,7	1,2	10,5	130,5	11,4	15,3	1,3	16,6
28	11,0	83,0	13,4	1,3	10,1	132,7	12,9	14,9	1,4	16,3
29	12,0	88,0	13,0	1,4	10,3	162,2	13,6	14,5	1,6	16,1
30	10,5	78,5	12,4	1,5	10,6	117,0	14,1	13,9	1,7	15,6
31	11,0	75,5	11,9	1,5	12,2	97,5	12,3	13,5	1,7	15,2
32	12,0	77,0	11,3	1,5	11,9	96,0	12,6	12,8	1,7	14,5
33	11,5	71,0	11,4	1,7	10,9	104,6	15,6	12,8	1,9	14,7
34	9,5	61,0	9,8	1,8	11,8	83,0	15,3	12,1	2,0	13,2
35	9,5	56,5	8,9	1,9	12,2	72,8	15,6	10,1	2,2	12,3
36	11,0	64,0	7,0	2,1	11,8	59,3	17,8	7,9	2,4	10,3
37	11,0	63,0	5,0	2,4	10,9	45,9	22,0	5,6	2,7	8,3
38	11,0	57,5	3,4	2,4	10,1	33,7	23,8	3,8	2,7	6,5
39	10,0	43,5	1,9	2,2	10,3	18,4	21,4	2,1	2,4	4,5
40-47	18,0	42,0	0,8	1,31	9,8	8,2	19,4	0,9	2,1	3,0
Total	262,5	1576,0	11,01	1,31						

voit également qu'à partir de l'entre-nœud 15 jusque vers l'entre-nœud 22 la teneur en saccharose est un peu plus faible que dans la tige de 7 mois, tandis que la teneur en glucose de ces mêmes entre-nœuds est un peu plus élevée.

La teneur en saccharose (col. IV) monte rapidement et reste cons-

Digitized by Google

tante jusqu'à l'entre-nœud 30. La tige a d'ailleurs pris un accroissement considérable, et le maximum de glucose se trouve un peu plus éloigné du sommet. La colonne XI nous montre qu'à partir de l'entre-nœud 16 jusqu'à l'entre-nœud 29 la somme de la saccharose et de la glucose dans le jus est une constante. D'une manière générale on peut conclure que la teneur maximum d'un entre-nœud en sucres réducteurs correspond à la période où sa végétation est la plus intense. Ces sucres réducteurs résultent de l'inversion de la saccharose, ainsi que le montrent les proportions respectives des trois sucres (saccharose, glucose, fructose) qui sont de 4 : 2 : 1, dans les sommets à végétation lente, et de 0, 8 : 1 : 1 dans ceux à végétation rapide.

Canne mûre. — La distribution des constituants de la canne arrivée à parfaite maturité est établie par Went dans le tableau des pages 344-345.

Cannes ayant dépassé la maturité. — Si, à partir du moment de la maturité, où elles contiennent le maximum de saccharose, les cannes restent sur pied dans les champs, leur teneur en saccharose ne tarde pas à diminuer dans son ensemble; elle diminue fortement dans les entre-nœuds inférieurs, elle augmente dans les entre-nœuds élevés et devient maximum près du sommet. D'un autre côté le sucre réducteur augmente de plus de 0,50 % dans quelques entre-nœuds ; on en trouve moins dans les sommets qui, entre temps, ont mûri. La saccharose a été invertie dans plusieurs parties de la canne. Les résultats des expériences faites à ce sujet sont consignés dans le tableau de la page 346.

Cannes attaquées par les insectes. — Dans les cannes attaquées par les insectes ou par les maladies cryptogamiques, la distribution de la saccharose et de la glucose ne présente pas la même régularité que dans les cannes normales : la saccharose diminue, tandis que la glucose reste constante.

Cannes couchées. — Lorsque les cannes viennent à verser, le quotient de pureté du jus diminue rapidement, ainsi que le montrent les chiffres de la p. 347, qui résultent d'analyses effectuées à différentes périodes, sur des cannes couchées et des cannes du même champ qui étaient restées debout (Prinsen Geerligs) (1) : Les entre-nœuds sont comptés à partir du haut, les bouts blancs étant retranchés.

(1) Prinsen Geerligs. — *Cane Sugar and its manufacture.*

Digitized by Google

Canne plantée en juillet et analysée l'année suivante

23 mai				29 mai			
Numéro de l'entre-nœud	Poids en grammes	Saccharose 0/0	Sucres réducteurs 0/0	Numéro de l'entre-nœud	Poids en grammes	Saccharose 0/0	Sucres réducteurs 0/0
1. . . .	136,5	12,3	0,5	1. . . .	141,5	10,6	0,7
2. . . .	87,0	12,8	0,6	2. . . .	116,0	11,4	0,7
3. . . .	75,0	11,9	0,6	3. . . .	118,0	12,3	0,7
4. . . .	74,5	13,6	0,7	4. . . .	123,0	12,7	0,7
5. . . .	81,0	13,7	0,6	5. . . .	117,5	12,1	0,5
6. . . .	80,5	13,9	0,7	6. . . .	109,0	13,6	0,6
7. . . .	80,0	14,2	0,7	7. . . .	102,5	13,0	0,8
8. . . .	70,0	14,5	0,55	8. . . .	118,0	14,4	0,6
9. . . .	69,5	14,6	0,6	9. . . .	115,0	13,1	0,7
10. . . .	75,5	14,7	0,6	10. . . .	120,5	14,4	0,5
11. . . .	80,0	15,0	0,6	11. . . .	119,0	15,0	0,5
12. . . .	79,0	15,1	0,5	12. . . .	110,5	15,3	0,4
13. . . .	81,0	16,0	0,5	13. . . .	96,5	15,6	0,35
14. . . .	83,0	15,9	0,5	14. . . .	95,5	16,2	0,4
15. . . .	84,5	15,3	0,6	15. . . .	96,0	16,6	0,35
16. . . .	80,5	15,4	0,55	16. . . .	87,5	16,2	0,34
17. . . .	75,0	15,5	0,4	17. . . .	82,5	16,6	0,32
18. . . .	68'0	15,6	0,6	18. . . .	76,5	16,7	0,4
19. . . .	65,5	15,4	0,6	19. . . .	70,0	16,4	0,5
20. . . .	62,5	14,9	0,6	20. . . .	63,5	15,5	0,45
21. . . .	62,0	13,6	0,9	21. . . .	69,5	17,0	0,32
22. . . .	58,5	12,8	0,7	22. . . .	64,0	17,0	0,4
23. . . .	44,5	13,0	0,8	23. . . .	56,5	16,4	0,4
24. . . .	33,5	12,3	0,9	24. . . .	50,0	16,7	0,34
25. . . .	27,0	9,9	1,1	25. . . .	49,5	16,1	0,34
26. . . .	24,5	8,8	1,1	26. . . .	45,0	15,3	0,35
27. . . .	21,5	7,5	1,4	27. . . .	43,5	14,9	0,45
28-30. . .	57,0	4,5	2,1	28. . . .	35,5	14,5	0,5
31-36. . .	30,5	2,0	1,3	29-30. . .	57,0	12,8	0,5
				31-32. . .	39,0	10,3	0,8
	1947,5	13,39	0,70	33-34. . .	33,5	7,4	1,0
				35-41. . .	39,5	4,8	0,8
					2661,5	14,67	0,55

Digitized by Google

Canne plantée en juillet et analysée l'année suivante suite et fin)

30 juin				6 juillet			
Numéro de l'entre-nœud	Poids en grammes	Saccharose 0/0	Sucres réducteurs 0/0	Numéro de l'entre-nœud	Poids en grammes	Saccharose 0/0	Sucres réducteurs 0/0
1. . . .	13,5	8,2	0,55	1. . . .	72,0	12,1	0,6
2. . . .	61,5	9,3	0,6	2. . . .	91,0	13,0	0,5
3. . . .	75,0	9,7	0,6	3. . . .	110,0	13,7	0,6
4. . . .	80,5	10,5	0,7	4. . . .	120,0	14,0	0,5
5. . . .	78,0	10,8	0,8	5. . . .	118,0	14,8	0,5
6. . . .	83,5	10,6	0,8	6. . . .	114,5	14,7	0,45
7. . . .	78,5	11,6	0,8	7. . . .	104,5	15,2	0,4
8. . . .	81,0	11,5	0,8	8. . . .	102,0	15,4	0,4
9. . . .	78,5	12,0	0,6	9. . . .	81,5	15,8	0,33
10. . . .	80,5	12,0	0,5	10. . . .	73,0	16,3	0,33
11. . . .	69,5	13,0	0,4	11. . . .	84,5	16,2	0,35
12. . . .	70,0	13,0	0,33	12. . . .	81,5	16,5	0,34
13. . . .	74,5	13,0	0,4	13. . . .	82,0	16,4	0,30
14. . . .	77,0	14,0	0,26	14. . . .	76,0	17,1	0,29
15. . . .	69,0	14,0	0,29	15. . . .	82,5	17,2	0,29
16. . . .	73,5	14,0	0,32	16. . . .	84,5	17,2	0,24
17. . . .	72,0	15,1	0,27	17. . . .	78,5	17,3	0,25
18. . . .	79,0	15,3	0,19	18. . . .	74,0	17,5	0,26
19. . . .	76,0	15,7	0,20	19. . . .	65,5	17,4	0,27
20. . . .	73,0	16,6	0,24	20. . . .	61,0	17,8	0,26
21. . . .	70,5	16,9	0,20	21. . . .	62,5	17,4	0,24
22. . . .	67,5	16,7	0,21	22. . . .	58,0	17,0	0,23
23. . . .	65,0	17,1	0,23	23. . . .	53,5	17,1	0,24
24. . . .	57,5	17,4	0,16	24. . . .	43,0	16,8	0,28
25. . . .	58,0	16,7	0,21	25-26. . . .	64,0	15,7	0,29
26. . . .	53,5	—	—	27-28. . .	44,0	13,5	0,27
27. . . .	47,5	16,1	0,4	29-30. . .	37,5	13,0	0,29
28. . . .	41,5	15,6	0,19	31-33. . .	43,5	11,6	0,4
29-30. . .	63,5	14,5	0,17	34-36. . .	37,0	9,9	0,6
31-32. . .	48,0	13,5	0,32	37-45. . .	43,5	5,7	0,8
33-34. . .	38,5	12,5	0,34		224,3	15,31	0,38
35-36. . .	34,0	10,7	0,5				
37-38. . .	33,0	10,2	0,6				
39-40. . .	34,5	8,0	1,0				
41-46. . .	39,5	5,0	1,1				
	2236,0	13,51	0,44				

Digitized by Google

Richesse saccharine de cannes ayant dépassé la maturité.

I				II				III			
Numéro de l'entre-nœud	Poids en grammes	Saccharose %	Sucre réducteur %	Numéro de l'entre-nœud	Poids en grammes	Saccharose %	Sucre réducteur %	Numéro de l'entre-nœud	Poids en grammes	Saccharose %	Sucre réducteur %
1-10. . .	50,0	6,2	1,4	1-5 . . .	305,0	8,6	3,9	1-6 . . .	225,5	9,3	3,5
11-14. . .	176,0	11,4	1,6	6. . . .	119,5	12,4	3,5	7. . . .	79,5	6,9	3,5
15-16. . .	129,0	14,5	0,6	7. . . .	132,5	13,2	3,2	8. . . .	108,5	7,8	3,5
17-18. . .	135,5	13,9	0,9	8. . . .	136,5	13,5	3,0	9. . . .	118,5	10,6	3,9
19-20. . .	129,5	14,8	0,9	9. . . .	133,0	13,4	3,2	10. . . .	132,5	11,1	4,4
21-23. . .	141,5	14,8	0,7	10. . . .	132,0	13,7	3,0	11. . . .	134,0	12,5	3,8
24-26. . .	121,5	14,9	0,9	11. . . .	122,0	14,4	3,0	12. . . .	133,5	11,8	3,5
27-29. . .	101,5	14,3	0,7	12. . . .	112,5	14,6	2,7	13. . . .	116,5	11,6	4,6
30-32. . .	122,5	14,2	0,7	13. . . .	107,0	15,5	2,3	14. . . .	123,5	12,5	4,4
33-35. . .	134,5	13,8	0,9	14. . . .	99,5	15,6	2,3	15. . . .	129,0	12,8	3,9
36-38. . .	139,0	14,1	0,7	15. . . .	99,5	15,6	2,3	16. . . .	128,0	12,9	4,6
39-41. . .	122,5	15,7	0,55	16. . . .	99,0	15,3	2,4	17. . . .	131,0	13,3	4,1
42-44. . .	84,5	16,2	0,20	17. . . .	95,5	14,8	2,5	18. . . .	135,5	12,8	3,9
45-47. . .	96,0	16,6	0,21	18. . . .	88,5	15,2	2,7	19. . . .	122,0	12,2	4,0
48-52. . .	63,0	13,3	0,24	19. . . .	83,5	15,2	2,5	20. . . .	117,0	12,5	3,9
53-65. . .	53,5	11,7	0,27	20. . . .	81,5	15,5	2,5	21. . . .	111,0	12,9	3,7
	1800,0	14,00	0,77	21. . . .	79,0	15,9	2,3	22. . . .	108,5	12,2	3,7
				22. . . .	80,0	15,6	2,0	23. . . .	98,0	11,6	4,0
				23. . . .	67,0	15,1	2,4	24. . . .	99,5	12,0	3,9
				24-26. . .	161,0	15,1	2,4	25. . . .	97,5	12,1	3,7
				27-29. . .	162,5	15,0	2,5	26. . . .	85,0	12,1	3,9
				30-32. . .	131,0	14,3	3,3	27. . . .	80,0	11,9	3,8
				33-35. . .	77,5	12,6	2,7	28. . . .	77,5	11,2	3,9
				36-38. . .	59,5	12,1	2,7	29. . . .	66,5	12,1	4,8
				39-49. . .	189,5	10,5	3,5	30. . . .	67,5	12,6	3,9
					2973,0	13,60	2,69	31-33. . .	132,0	12,9	3,9
								34-36. . .	103,0	12,9	3,2
								37-39. . .	69,0	12,4	3,0
								40-57. . .	128,5	10,6	2,7
									3258,5	11,70	3,95

Digitized by Google

24 Mars

Cannes ayant versé						Cannes restées debout					
Numéro des entre-nœuds	Longueur en centimètres	Poids en grammes	Saccharose %	Sucre réducteur %	Substance sèche	Numéro des entre-nœuds	Longueur en centimètres	Poids en grammes	Saccharose %	Sucre réducteur %	Substance sèche
1-2	10	40,4	1,0	2,56	10,6	1-2	9	52,5	3,2	1,83	14,7
3-4	12	77,7	1,6	2,74	12,2	3-4	14	106,5	4,1	2,32	15,7
5	6	56,8	1,6	3,19	13,3	5 6	18,5	144,5	5,8	2,32	18,2
6	9	77,5	2,3	3,49	15,2	7-8	19	161,5	6,9	2,19	19,2
7	10	90,8	3,2	3,49	15,9	9-10	19,5	169,5	7,8	2,13	19,6
8	11	100,3	3,9	2,95	16,9	11-12	18,5	161,2	8 9	2,02	20,6
9	10	103,0	4.5	2 95	15,8	13 14	18	145,5	9,1	2,02	21,8
10	9	104,1	4,5	2,95	16,7	15-16	17	139,7	9.6	1,47	21,8
11	9	103,6	5,1	2,74	17,1	17-18	16	141,5	9,8	1,47	21,8
12	9	103,2	5,4	2,64	16,7	19 20	18	155,2	10,0	1,53	22,4
13-14	18	207,0	6	2,39	16,5	21-22	19	163,2	10,2	1,11	22,8
15-16	19	207,4	7	2,25	17,5	23-24	16	154,7	10,2	1,28	23,3
17-18	16	177,0	7,7	2,25	18,5	Le reste	61	600			
19-20	18	196,0	7,9	1,74	18,3		205,6	2346			
21 22	18,5	191,3	7,9	7,74	19,3						
23-24	14,5	156,8	8,4	1,28	21,8						
25	17	173.3	8,1	1,67	19,0						
26	8	78,5	8,5	1,67	20,3						
27	7	65,8	8,7	1,53	20,5						
28	6,5	60,3	8,4	1,47	20,5						
29	9	80,0	8,4	1,42	21,0						
30	11	121,0	8,4	1,27	21,3						
	225,0	2573									

Digitized by Google

19 Avril

Cannes ayant versé						Cannes restées debout					
Numéro des entre-nœuds	Longueur en centimètres	Poids en grammes	Saccharose %	Sucre réducteur %	Substance sèche	Numéro des entre-nœuds	Longueur en centimètres	Poids en grammes	Saccharose %	Sucre réducteur %	Substance sèche
1-3	11	47,5	1,5	2,56	12,2	1-3	10	36,5	1,7	2,02	14,5
4-5	8.5	60,1	1,6	2,33	13,6	4 5	8	46,7	2,3	2,84	14.1
6 7	11,5	111.0	1,8	3,66	13,9	6-7	10	75,7	3,4	2,74	15,8
8-9	14	137,3	3,9	3,66	15,9	8-9	11	91,8	5,3	2,47	17,8
10-11	11,5	108,8	5,3	3,33	18,2	10-11	14,5	137,3	7,5	2.32	18,5
12	9	75,1	8,2	2,74	20,3	12-13	20	185.5	8,1	2,02	18,9
13	12	95,5	8,5	2,39	22,0	14-15	19	190,0	8,5	2,02	19,7
14	11	95,0	8,9	2,25	21,3	16-17	18,5	179,3	9,0	1,74	20,2
15	10,5	104,1	8,7	2,25	20,2	18-19	18	178,6	9,8	1,67	23,1
16	12	123,5	9	2,25	20,0	20 21	17,5	180.6	10,4	1,37	23,0
17	13	126,6	9,1	2,19	20,3	22-23	19.0	185,7	10,5	1,37	23.3
18	12	120	9,1	1,83	19,5	24-25	19,5	185.7	11,2	1,12	24,5
19	11	114,1	9,4	1,60	19,5	26-27	19,0	170,5	11,2	1,28	23,3
20	12	114,3	9,6	1,53	20,6	28 29	23	212,0	11,8	1,19	26,2
21	11,5	105,0	9,6	1,42	20,4	30-31	20	210.3	12,6	1.06	25,5
22	12,5	106,6	9,8	1,47	20,1	32	10	109,5	13,0	0,98	25,0
23	11,5	89,5	8,1	1,47	20,1		254,5	2375,7			
24-25	23	208	9,2	1,83	20,8						
26-27	21	295,5	9,8	1,67	19.8						
28-29	24	214	9,8	1,60	19,7						
30-31	25	242,3	10,1	1,42	20,2						
32	12	122,0	10,2	1,37	21,4						
	293,4	2715,8									

Digitized by Google

Les cannes qui ont versé sont plus longues et plus lourdes que celles du même champ qui sont restées debout; leur teneur en saccharose et en fibre est plus faible, mais leur teneur en eau et en sucre réducteur est plus élevée. Ces différences font ressortir l'influence de l'immaturité des cannes qui ont versé, dont la végétation est plus rapide et la maturation plus lente.

Détérioration des cannes coupées. — Les cannes qui sont conservées pendant un certain temps après la coupe, soit dans les champs, soit sous hangar, s'altèrent très rapidement; la saccharose subit une inversion partielle et le sucre réducteur augmente proportionnellement, tandis que le poids de la canne diminue par suite de l'évaporation de l'eau. Contrairement à une opinion généralement admise, l'acidité du jus n'augmente pas durant les premiers jours qui suivent la coupe.

Action de la gelée sur la canne. — Une gelée un peu intense a pour effet de tuer les cellules de la canne ; par suite, les éléments du jus des différents entre-nœuds se confondent et subissent une altération plus ou moins accentuée, ainsi que le montrent les chiffres suivants établis par Stubbs [1]. Le 27 décembre les cannes furent gelées, le 28 on en coupa quelques-unes pour les analyser, et on laisse les autres sur pied ou en tas recouverts. Le 27 la température s'abaissa à — 7°2 C. et resta au-dessous de zéro jusqu'au 2 janvier. Les cannes furent coupées le 15 janvier. On trouvera dans le tableau suivant les résultats d'analyse du jus à ces dates.

	Brix	Saccharos	Sucre réducteur	Pureté	Sucre extractible
Analyses du 27 décembre .	14,91	11,85	1,42	79,5	9,42
» du 15 janvier (cannes conservées en tas . .	13,60	9,09	1,65	66,9	6,62
Analyses du 15 janvier (cannes restées sur pied) . .	12,81	8,66	1,29	67,5	5,84

Action du flambage (incendie des champs de cannes). — Lorsque le feu se communique à un champ de cannes, les feuilles seules sont comburées, tandis que les tiges, gorgées de suc, résistent à la combustion ; mais les cellules végétales sont tuées et les cannes sont dès lors sujettes à s'altérer rapidement. Si on les met en œuvre immédiatement, la qualité du jus est même sensiblement améliorée tant au point de vue de la pureté des jus que de leur quotient salin. Les

[1] *Bullet.* 31, Louisiane Exp. Station, 1234.

Digitized by Google

pertes causées par les incendies consistent donc moins dans une diminution de la teneur en saccharose que dans la durée de leur mise en œuvre.

La canne brûlée doit donc être travaillée immédiatement. Au bout de quelques jours, elle subit la fermentation acétique, elle donne des jus gommeux et beaucoup de mélasse. Sous l'action du feu, les gommes de la canne distillent, l'eau s'évapore, la densité s'élève jusqu'à 10-10, 4, soit 24-25° Brix. Il faut renoncer dès lors à l'imbibition de la bagasse au moulin et à la rentrée des égouts dans le travail.

Influence du sol. — La nature du sol n'est pas sans influer sur la richesse saccharine de la canne. D'une manière générale, les terrains lourds produisent des cannes plus sucrées que les terres légères ; cette règle cependant comporte des exceptions.

Influence des engrais. — Nous verrons plus loin qu'il existe une certaine corrélation entre la richesse saccharine de la canne et l'absorption d'acide phosphorique par la plante. Les autres engrais ne paraissent influer sur la teneur en saccharose que d'une manière indirecte, en modifiant la durée de la végétation et amenant la canne à maturité dans un délai plus long ou plus court. Ainsi, les fortes doses d'engrais azoté retardent la maturation, de telle sorte que les cannes qui n'ont pas reçu de cet engrais arrivent à maturité avant celles qui, plantées à la même époque, en ont reçu de fortes doses.

Influence du climat. — Dans les contrées subtropicales, la température exerce une influence très marquée sur la teneur en saccharose de la canne. Ce fait a été mis en lumière par Browne et Blouin pour la Louisiane. Dans les contrées où la durée de la végétation est abrégée par le froid, les cannes n'atteignent généralement pas une grande richesse saccharine, parce qu'on est obligé de les couper en majeure partie avant qu'elles n'arrivent à maturité.

Dans les régions tropicales, où la température moyenne ne présente pas de grands écarts d'une année à l'autre, la teneur en saccharose de la canne est moins influencée par la température que par les chutes d'eau. Les fortes pluies à l'époque de la maturation ont généralement pour effet de diminuer la teneur en saccharose et la pureté du jus, tandis que si elles surviennent dans la première période de végétation, elles hâtent l'époque de la maturation et augmentent la richesse saccharine malgré les chutes d'eau à cette époque.

Dans les contrées où les chutes d'eau sont insuffisantes, comme au

Digitized by Google

Pérou et dans certains districts des îles Hawaï, les cannes restent parfois sur pied pendant 20 mois et se dessèchent partiellement ; quand elles ont atteint leur pleine maturité, la teneur en saccharose peut atteindre 16 °/₀ et la teneur en réducteur devenir très faible. Dans les contrées sucrières à climat chaud et humide, telles que l'Amérique centrale, les Antilles, Java, la richesse saccharine des cannes est sensiblement constante, exceptionnellement très élevée ou très basse. La teneur moyenne de la canne en saccharose est de 12-15 °/₀, très éloignée par conséquent des 18-20 °/₀ indiqués dans certains manuels ainsi que le fait remarquer Prinsen Geerligs.

Proportions respectives des trois sucres dans la canne. — Les proportions respectives des trois sucres dans la canne dépendent de l'âge des diverses parties de la plante. Voici les chiffres donnés par Prinsen Geerligs à ce sujet pour les différentes périodes de végétation de la canne :

	Saccharose	Glucose	Fructose
Bouts blancs de la canne à 6 mois	1,02	1,24	1,25
» » » 9 mois	1,90	1,30	0,70
Entre-nœuds inférieurs à 12 mois	16,50	0,60	0,20

La teneur en fructose diminue graduellement, mais sa présence peut toujours être décelée même dans les entre-nœuds arrivés à maturité, au moyen de la réaction par le molybdate d'ammoniaque et l'acide acétique. D'une manière générale, la canne la plus mûre contient le moins de fructose.

Cannes avariées. — Si la richesse saccharine de la canne normale apportée à l'usine est très variable malgré une maturité presque égale, la richesse des cannes avariées peut présenter et présente, en effet, des variations considérables. Ce sujet a été étudié par M. Pellet (¹).

On rencontre des cannes qui du jour au lendemain se sont complètement modifiées, tant au point de vue physique qu'au point de vue chimique, par suite de diverses circonstances. Ce sont des cannes, par exemple, qui, ayant subi une légère atteinte de la gelée, peuvent rester plusieurs semaines sur pied sans altération sensible si la température n'est pas très élevée ; mais, s'il survient de la chaleur, la canne ne peut plus se maintenir. Elle change de couleur ; la tête est le siège d'une altération plus ou moins prononcée ; il s'écoule de l'écorce des substances visqueuses qui dégagent une odeur désagréable ; on remarque des parties colorées en rouge, etc.

(¹) H. Pellet. — *Etudes sur la canne à sucre.*

Digitized by Google

On constate alors que le jus de ces cannes a diminué en sucre cristallisable et a fortement augmenté en sucre cristallisable, mais qu'il y a eu perte de matière sucrée, puisque le total sucre et glucose ne correspond pas au total des deux sucres contenus dans la canne fraîche ou normale. Puis, il y a des cannes attaquées par divers animaux, brisées et laissées dans le champ.

Si les cannes à l'état normal contiennent, par exemple, 13 de sucre pour 100 gr. de matière et 4 de glucose pour 100 gr. de sucre avec une pureté de 85 dans le jus, selon le degré d'altération la richesse en sucre peut descendre à 7,8 % de la canne avec 10-15 et 20 de glucose pour 100 gr. de sucre, pour une pureté de 65 à 75 seulement dans le jus.

Ces cannes doivent donc être autant que possible séparées des cannes normales, car si on peut encore espérer recueillir un peu de sucre du jus extrait, l'altération d'un tel jus peut provoquer des difficultés dans le travail du jus de toutes les cannes écrasées ou coupées.

Mais, quoi que l'on fasse, il en passe toujours dans la fabrication, si bien que l'on a encore de ce fait une difficulté pour prendre un échantillon de la canne soit dans les wagons, soit dans les tas de cannes destinées à aller au moulin, etc.

Richesse saccharine de la canne de 1re, 2e année, etc. — On sait que la canne coupée après une première année de végétation laisse un plant qui fournit une canne nouvelle ou repousse dite de 2e année, puis une deuxième repousse qui est la canne de 3e année, et ainsi de suite. Dans certains pays la canne est replantée tous les deux ans, c'est-à-dire que le premier plant ne donne qu'une repousse correspondant à la canne de 2e année (Egypte principalement) ; dans d'autres contrées le plant dure 3 ans (Réunion, Maurice, etc.). A la Guadeloupe on obtient 5 à 6 repousses d'un premier plant. A Cuba et à Porto-Rico les plantations durent plus longtemps et il y en a qui durent 15 et 20 ans.

Il serait intéressant de connaître les différences de rendement et de qualité durant ces diverses années successives. Ce que l'on a remarqué en général, c'est que le rendement tend à baisser, si bien qu'à la Guadeloupe la 2e repousse ou canne de 3e année ne donne plus que la moitié de la récolte. Dans d'autres pays le rendement est déjà presque nul après la 2e année et baisse de 30 à 60 % pour la canne de 2e année.

Digitized by Google

Au point de vue de la richesse en sucre, M. Pellet a souvent constaté que la canne de 2e année contenait un peu plus de sucre en moyenne que la canne de 1re année récoltée au même moment, et en outre qu'il y avait souvent une proportion beaucoup moindre de glucose pour 100 de sucre, à richesse égale pour 100 cm³ de jus, proportion pouvant descendre à 0,2 ou 0,3 % de sucre. Quant à la différence de la composition minérale et azotée des deux cannes, elle est très faible.

Richesse moyenne de la canne dans différents pays. — Il est bien évident que la richesse de la canne pour un même pays varie d'un endroit à un autre, et pour le même endroit, d'une année à l'autre. On constate parfois des différences très notables (moyennes de fabrication). Voici quelques chiffres cités par M. H. Pellet et les observations dont il les accompagne (1).

			Sucre pour 100 gr. de cannes
Ile Maurice	Usine Alma	1887-88	12,62
		1888-89	12,25
		1889-90	12,60
		1890-91	12,58
	Autre partie plus chaude de l'île	1889-90	14,90
		1890 91	14,27
Java	1		14,80
	2		13,31
Espagne			11,5 à 13
République Argentine (une usine)			12,5 à 13,3
Egypte			11 à 13
Réunion (une usine)			15,50
»			13 à 15
Guadeloupe			12,50 à 15
Hawaï		1893-94	15,10
		1894-95	15,52
		1896	14,65
Cuba			13 à 15
Louisiane			11,5 à 13

Du reste, on a vu par ce qui précède combien la richesse saccharine de la canne est sujette à des variations pour un même pays, de sorte qu'il paraît impossible de citer des chiffres représentant la moyenne exacte de la richesse de la canne pour chaque pays. On peut seulement admettre des généralités et dire, par exemple, ce qui paraît être vrai, qu'à Maurice la canne est moins bonne qu'à Java ou à Haïti, que la canne récoltée en Espagne est relativement de qualité inférieure par rapport à celle des cannes récoltées dans la plupart des pays producteurs de cannes, tels que Cuba, Java, etc.

(1) H. Pellet. — *Etudes sur la canne à sucre.*

Digitized by Google

Ce qui est certain, c'est qu'il y a des contrées où l'on travaille des cannes ne contenant pas 10 °/₀ de sucre cristallisable, fournissant des jus qui n'ont que 75 à 77 de pureté, et 11 à 15 de glucose pour 100 gr. de sucre, tandis que dans d'autres régions on travaille des cannes à 15 °/₀ de sucre, donnant un jus à 89-92 de pureté avec 1 à 2 de glucose seulement pour 100 de sucre, ce qui correspond à des rendements en sucre pour 100 kg. de cannes variant presque du simple au double pour la même extraction de jus.

En outre, si l'on établit la moyenne de plusieurs pays durant plusieurs années, on constate des richesses de cannes de 11,5 à 12 °/₀ de sucre, alors que dans d'autres régions on n'écrase que des cannes à 14 ou 15 °/₀, donnant des jus de 88 ou 90 de pureté et 1 à 3 de glucose pour 100 gr. de sucre, d'où résultent des différences de 2 à 4 de rendement pour 100 kg. de cannes, pour une extraction de jus semblable et le même mode de purification du jus extrait.

Si l'on ajoute à cela l'influence du mode d'extraction qui fait que les uns n'obtiennent que 65 à 67 kg. de jus pour 100 kg. de cannes, tandis que les autres en obtiennent 75 et jusqu'à 84, on comprend sans peine qu'il est impossible d'établir un parallèle entre la richesse de la canne et son rendement en sucre, par rapport au rendement de la betterave, pour laquelle des écarts de 2 °/₀ dans le rendement en sucre sont considérés comme énormes.

Variations de la richesse de la canne durant une journée. — Suivant le mode d'approvisionnement, la richesse de la canne varie peu ou beaucoup dans une journée ; elle peut même varier subitement d'un moment à l'autre, suivant la quantité de cannes travaillées par heure et, par conséquent, du nombre d'appareils écrasant ou divisant la canne.

M. H. Pellet nous en fournit des exemples pour différentes époques, même usine :

		Densité du jus normal	
Cannes pressées de	6 à 7 heures	1,0657	1,0768
»	7 à 8 »	1,0665	1,0787
»	8 à 9 »	1,0675	1,0770
»	9 à 10 »	1,0675	1,0750
»	10 à 11 »	1,070	1,0785
»	11 à 12 »	1,0660	1,077
»	11 à 1 »	1,0685	1,0785
»	1 à 2 »	1,0697	1,0790
»	2 à 3 »	1,070	1,078
»	3 à 4 »	1,068	1,0827
»	4 à 5 »	1,063	1,0785
»	5 à 6 »	1,0695	1,060

Digitized by Google

Variations de la richesse de la canne travaillée à l'usine.—1° Coupe 1888-1889 à l'île Maurice. Résultats de plusieurs usines publiés par M. Ehrmann. En admettant le travail commencé en octobre, on observe les variations suivantes :

	Richesse du vesou variant de	Pureté
Octobre	13,34 à 16,45 °/₀	83,4 à 93,8 °/₀
Novembre	13,14 à 17,33	81,24 à 92,9
Décembre	11,82 à 18,37	81,40 à 95,0
Janvier	10,61 à 14,78	76,81 à 92,76
Février	8,82 à 14,16	» » (1)

La canne est généralement moins riche au début, puis la qualité s'améliore pour diminuer de nouveau dans la suite dans une mesure variable suivant la durée de la fabrication, l'état de la température, des saisons, etc., et suivant que la canne a été atteinte ou non de la gelée, de la maladie, etc.

2° Voici à titre d'exemple les fluctuations de la richesse de la canne dans une même usine durant deux fabrications [observations faites par H. Pellet (2)].

	Sucre pour 100 gr. de cannes			Sucre pour 100 gr. de cannes	
1re semaine. . .	11,16	11,75	9e semaine . . .	11,72	12,50
2e » . . .	11,21	11,84	10e » . . .	11,51	12,36
3e » . . .	11,54	11,97	11e » . . .	11,21	12,83
4e » . . .	11,61	12,10	12e » . . .	11,20	12,86
5e » . . .	12,30	12,40	13e » . . .	11,40	13,20
6e » . . .	12,07	12,08	14e » . . .	10,60	11,11
7e » . . .	12,47	12,35	15e » . . .	18,50	15,35
8e » . . .	11,77	12,60			

3° M. Ew. Budan a donné la variation de richesse de la canne durant quatre années à la Guadeloupe, et ce pour un travail total représentant 350 millions de cannes.

1878.	14,07
1879.	15,10
1880.	16,90
1881.	17,40

4° Dans un rapport publié sur le travail de Ewa Mill (îles Hawaï), nous trouvons les résultats suivants pour deux campagnes (3) :

(1) Pureté non indiquée, mais pouvant certainement descendre à 70 et n'atteindre que 85 à 86 (*Bull. Ass.*, janvier 1890).

(2) H. Pellet. — *Loc. cit.*

(3) *Bull. Ass.*, décembre 1896.

Digitized by Google

		Brix	Polarisation 0/0 gr.	Pureté	Glucose	Glucose 0/0 gr. de sucre	Sucre 0/0 g. de cannes
Vesou normal .	1893-94	21,21	17,40	82,0	1,75	10	15,1
Jus des moulins.	1894-95	19,2	16,5	86,0	0,93	5,7	15,52
	1895-96 (1)	18,7	16,19	86,5	0,65	4,0	14,65

On voit que la richesse en sucre pour 100 de cannes varie peu, mais on constate une très grande différence dans la pureté et la quantité de glucose pour 100 gr. de saccharose.

Résultats généraux de quatre campagnes dans une sucrerie de Cuba (2).

	Décembre	Janvier	Février	Mars et Avril
Extraction en jus naturel 0/0. . .	71,50	70,90	70,20	69,80
Baumé à 17°,5 C	8,06	8,80	9,10	10,50
Brix.	14,20	15,50	16,80	18,65
Sucre cristallisable	11,50	13,02	15,09	16,70
Sucre incristallisable.	1,45	1,10	0,70	0,65
Pureté	80,99	84,00	89,82	90,04
Quotient incristallisable.	12,60	8,44	4,62	3,88
Acidité par litre	0g.80	0,70	0,68	0,55
Masse cuite 1er jet de canne . . .	11,09	13,34	13,40	13,99
Sucre 1er jet 0/0 de masse cuite. .	64,00	65,59	66,40	67,90
» » de canne. . . .	7,10	8,10	8,90	9,50
» 2e jet 0/0 »	0,85	1,10	1,45	1,55
Polarisation du sucre 1er jet. . .	95,50	96	96,50	97,00
» » 2e » . . .	84,10	86,20	88,50	89,00

Variations de la saccharose, de la glucose, et du quotient de pureté pour une même densité de jus. — Lorsqu'on parcourt les ouvrages contenant des analyses de cannes, on est parfois étonné des variations considérables qui existent dans la pureté des jus pour une même densité de jus. Ainsi, sans tenir compte de la nature de la canne ni de son année, mais en prenant des cannes travaillées, on trouve des chiffres comme ceux-ci (essais de Bonâme-Maurice 1895) :

Densité	Sucre 0/0 cm³ de jus	Pureté	Glucose 0/0 gr. de sucre
1,077	17,73	87,0	3,1
1,077	18,17	89,2	3,1
1,077	18,46	90,6	3,6
1,072	16,93	89,1	5,0
1,076	17,90	89,1	0,9
1,077	18,17	89,2	3,1
1,079	18,74	89,6	3,9

De son côté, M. H. Pellet (3) donne les chiffres suivants :

(1) *Bull. Ass.* mars 1897.
(2) D'après M. Boulanger. — *Manuel agenda des fabricants de sucre*, 1895.
(3) *Op. cit.*

Digitized by Google

	Maurice			Egypte		
	1	2	3	1	2	3
Densité	Sucre 0/0 gr. de cannes	Glucose 0/0 gr. de sucre	Pureté	Sucre 0/0 gr. de cannes	Glucose 0/0 gr. de sucre	Pureté
1,066	11,58	2,9	84,6	12,0	6,2	83,5
1,066	12,02	3,4	87,7	12,4	4,5	86,5
1,066	10,82	1,5	78,8	11,8	8,5	82
1,071	13,38	0,9	91	13,9	2,6	90
1,071	12,73	5,6	86	12,8	4,5	84,3
1,071	12,91	4,5	87,8	12,2	7,0	80,0
1,080	14,98	0.9	91,0	14,8	3,4	86,3
1,080	15,17	0,6	92,1	15,7	1,1	91,4

M. H. Pellet fait suivre ces chiffres des observations suivantes :

« Ces résultats ne donnent aucune moyenne ; ce sont des chiffres pris au hasard, mais qui démontrent que pour une même densité on peut obtenir des richesses variables et des puretés très différentes pour la canne reçue à la fabrique.

« Naturellement, il faudrait être certain que les éléments de calcul de la richesse des cannes soient exactement les mêmes partout et que les instruments soient identiques, ce que nous ignorons. Nous dirons même plus : nous croyons que le mode de calcul de la richesse de la canne pour 100 gr. est variable suivant les localités et qu'il y aurait lieu de s'entendre à ce sujet.

« Au point de vue de la comparaison, elle devrait toujours être faite sur le jus extrait de la canne au moyen des moulins de fabrique ou de moulins de laboratoire donnant au moins 60 à 65 °/₀ de jus. En partant de la richesse du jus, on adopterait alors un coefficient pour passer à celle de la canne, soit 84 comme à Maurice, soit 85.

« Il faut encore distinguer les cannes venues complètement par irrigation et les cannes récoltées dans les pays où l'humidité n'est fournie que par les pluies naturelles. Même pendant la récolte, si on analyse des cannes après une forte pluie ou un arrosage, on constate des différences sensibles dans la qualité du jus pour une même variation ; c'est pourquoi l'étude des variétés de cannes présente tant de difficultés pour arriver à déterminer les quelques espèces qui devraient être plantées de préférence à d'autres. Ces sortes de recherches exigent donc beaucoup de prudence ».

Digitized by Google

COMPOSITION DE LA CANNE

La canne à sucre contient, tout comme la betterave, trois groupes de composants qui sont : les *matières organiques azotées*, les *matières organiques non azotées* et les *matières minérales*, que nous étudierons séparément.

a) **Matières organiques azotées.** — D'après Zerban [1], la canne contient 0,05 — 0,07 % d'azote total dont la moitié seulement peut être éliminée en cours de fabrication. Cet azote se compose de bases organiques azotées, d'amines et d'amides. Les nitrates forment environ 17,77 % de l'azote total, tandis que les bases sont en quantité très faible. Shorey en a isolé 0,0026 % de guanine et un peu de lécithine ; ces deux bases sont intéressantes au point de vue physiologique, mais eu égard à leur faible quantité, elles n'ont aucune importance au point de vue de la fabrication du sucre.

D'après Brown, les amines forment 30,53 % de l'azote total et les amides 24,07 %. Zerban signale la présence dans le vesou de tyrosine, d'asparagine et de glutamine qu'il a isolées et identifiées. L'asparagine et la glutamine ne sont pas éliminées au cours de la fabrication, mais elles sont transformées partiellement en acides aspartique et glutamique que l'on retrouve dans la mélasse avec une partie des mêmes corps non décomposés. Les amides sont transformées en ammoniaque qui se dégage des jus pendant l'évaporation. Les amines prédominent sur les amides dans les mélasses finales.

D'après la théorie de Prinsen-Geerligs, les amides et les amines sont fortement mélassigènes. Dans les conditions normales, les amides n'influent guère sur la polorisation du sucre ; l'asparagine en solution diluée et en présence d'acétate de plomb donne une déviation égale à celle de la saccharose ; la glutamine a une déviation lévogyre un peu moindre que la déviation contraire de l'asparagine, d'où il résulte que le plus sucre indiqué par cette dernière se trouve compensé en partie. En général, ces deux corps n'atteignent guère que 0,1 %.

[1] Congrès de Chimie appliquée à New-York, 1912. *Chem. Ztg*, 1912, pp. 1218-1219.

Digitized by Google

La distribution des matières azotées dans la canne serait la suivante d'après Van Lokeren Campagne :

	Albuminoïdes	Amides	Azote total
Dans les nœuds	0,1778	0,0051	0,1829
Dans les entre-nœuds	0,0550	0,0258	0,0817

b) **Matières organiques non azotées.** — Les matières organiques non azotées de la canne sont : les acides organiques, la fibre, les gommes, la cire, les matières aromatiques et les matières colorantes.

Acides organiques du jus. — On trouve dans la canne les acides organiques suivants : acides glycolique, oxalique, malique, succinique, tannique et acétique (dans la canne morte). Cependant, le total de ces acides ne dépasse pas 0,15 %, dont 0,06 à l'état libre, et le reste combiné à la potasse.

L'acide glycolique forme avec la chaux un sel soluble ; il n'est donc pas éliminé du jus et se retrouve dans la mélasse à moins qu'il n'ait été décomposé en cours de fabrication. — L'acide oxalique forme avec la chaux un sel insoluble dans l'eau, mais soluble dans les solutions sucrées diluées. Il devient insoluble dans les solutions concentrées ; par suite, il se précipite pendant l'évaporation et se dépose alors sur les tubes des appareils, car on ne le retrouve pas dans la mélasse. — L'acide malique, très stable, n'est pas décomposé en cours de fabrication ; il forme avec la chaux un sel soluble dans l'eau et n'est pas éliminé du jus par la défécation. Il en est de même pour l'acide succinique. — L'acide acétique ne se rencontre que dans les cannes mortes ou atteintes de maladie ; il forme avec la chaux un sel soluble et, par suite, il ne peut être éliminé du jus par la défécation. Il est très hygrométrique ; c'est pourquoi le sucre obtenu de cannes malades reprend de l'humidité après avoir été séché. — L'acide tannique se rencontre plus spécialement dans les cannes jeunes et dans les bouts blancs ; on n'en trouve que très peu dans les jus, où il se combine d'ailleurs à l'albumine et donne avec elle un précipité insoluble qui est éliminé par la défécation.

Aux acides susmentionnés, qui passent de la canne dans le jus, il convient d'ajouter les acides organiques formés en cours de fabrication par l'action de la chaux sur les sucres réducteurs et sur la saccharose.

Teneur en fibre des différentes parties de la canne. — Elle varie

Digitized by Google

considérablement : non seulement elle est plus élevée dans les entre-nœuds inférieurs que dans ceux du milieu et du haut de la canne, mais elle peut varier dans un même entre-nœud suivant que les faisceaux fibro-vasculaires et les cellules parenchymateuses sont en proportions plus ou moins grandes. Went a obtenu les résultats analytiques suivants pour les entre-nœuds débarrassés des nœuds :

		Saccharose	Fibre	Jus	Saccharose dans le jus
1	Centre	17,6	4,46	95,54	18,42
	Périphérie	18,5	6,15	92,85	19,92
	Ecorce (1 mm. d'épaisseur)	9,6	25,31	74,69	12,85
2	Centre	15,0	3,57	96,43	15,56
	Périphérie	14,6	6,45	93,55	15,61
	Ecorce	—	29,29	70,71	—

La fibre est répartie dans l'écorce, la sève et le tissu fibro-vasculaire de la manière suivante, d'après Browne [1] :

	Moelle	Tissu fibrovasculaire	Ecorce
Canne entière	2,39	1,81	5,51
Ligneux sec	24,66	18,60	56,74
Autres analyses.			
Cendres	1,28	3,58	1,64
Graisse et cire	6,41	0,72	0,92
Protéine	1,94	2,00	2,19
Cellulose	49,00	50,00	50,09
Pentosanes (furfurol)	32,04	28,67	26,93
Mat. ligneuses (par différ.)	14,93	15,03	17,17

Une étude des produits d'hydrolyse obtenus par digestion du ligneux avec la soude caustique montre qu'on se trouve en présence de produits complexes :

Cellulose et oxycellulose	55 %
Xylane	20
Arabane	4
Corps ligneux	15
Acide acétique	6

Pectines ou gommes. — Ce sont des corps hémicellulosiques précipitables par l'alcool ; ils sont formés de xylane, d'arabane et de galactane, ce dernier se rencontrant dans les cannes non mûres. Ces matières jouent un certain rôle dans la fabrication. L'action de la chaux sur les petits fragments de canne en cours de fabrication donne également lieu à la formation de pectines ; il faut donc épulper soigneusement le vesou pour qu'il retienne le moins possible de ces fragments.

[1] *Bull. Ass.*, 1906, p. 373.

Digitized by Google

Cire. — Les tiges de la canne contiennent une importante proportion de cire, à laquelle Prinsen-Geerligs et Dumas attribuent la formule $C^{24}H^{50}O$; elle est insoluble dans l'eau et dans l'alcool froid, peu soluble dans l'éther froid et dans le chloroforme, très soluble à chaud dans l'alcool, l'éter, le chloroforme et la benzine ; elle fond à 86° et bout à 146°. Elle diffère des autres cires en ce qu'elle n'est pas une combinaison d'acides gras avec des alcools, mais un alcool saturé qui, traité par la chaux sodique, se transforme en un hydrocarbure $C^{24}H^{48}$ et en eau ; le premier fond à 92° et bout à 225° et est complètement insoluble dans l'eau et les alcalis.

La teneur en cire varie suivant les différentes variétés de cannes et suivant les parties de la tige. Elle abonde surtout aux points d'insertion, un peu rétrécis, des gaines des feuilles. Au fur et à mesure que la tige avance en âge, une partie de la cire s'en détache par exfoliation et est délavée par la pluie. 500 tiges fournissent environ 1 kg. de cire. Contrairement aux prévisions antérieures des chimistes américains, celle-ci n'a que peu de valeur et ne paraît pas susceptible d'applications industrielles.

Matières aromatiques. — Szymanski a trouvé de l'acide benzoïque dans les cannes malades. Le même auteur a extrait des bourgeons de la canne deux cétones aromatiques dont l'une cristallise en aiguilles et répond à la formule $C^{28}H^{30}O$, tandis que l'autre cristallise en tablettes dans l'eau et répond à la formule $C^{22}H^{16}O$.

Matières colorantes. — Comme matières colorantes de la canne il y a lieu de signaler la chlorophylle et l'anthocyane. La première abonde dans les feuilles, dans les tiges et exceptionnellement dans les racines aériennes qui apparaissent parfois sur les tiges. La seconde se trouve plus spécialement dans l'enveloppe ligneuse de la canne, plus rarement dans les feuilles et dans les racines aériennes. Cette matière colorante est en dissolution violette dans le suc cellulaire, elle peut en être extraite par le chloroforme, non par l'alcool. L'extrait alcoolique violet est coloré en rouge pelure d'oignon par les acides, en vert jaunâtre par les alcalis (présence de tannin).

Enfin, on trouve encore une matière colorante rouge dans les cannes blessées et dans celles atteintes du séreh. Cette matière peut être extraite par l'alcool, non par le chloroforme. Sa solution rouge cerise est avivée par les alcalis, tandis que les acides la font virer au jaune ou au jaune-brunâtre.

Digitized by Google

Matières minérales. — La canne à sucre est très riche en matières minérales, ainsi que le montrent les chiffres d'analyses effectuées par différents chimistes et que nous reproduisons ci-dessous.

A la Réunion, M. Delteil a trouvé pour 13 variétés de cannes des teneurs en cendres allant de 0,47 à 0,90 pour 100 kg. de cannes. A la Guadeloupe, Bonâme n'a trouvé que 0,30 à 0,45. Dans d'autres contrées on n'a constaté que 0,25 à 0,35 de cendres pour 100 de cannes.

M. Pellet [1] attribue ces différences aux variétés, à la richesse saccharine des cannes et enfin au mode de culture ou plutôt à la manière dont l'eau est distribuée. Il est porté à admettre que la canne contiendra plus de sels si elle reçoit l'eau par irrigation que si l'humidité lui est fournie en majeure partie par la pluie.

D'après une évaluation déjà ancienne, une récolte de 60.000 kg. de cannes correspondrait à 85 kg. d'azote et 822 kg. de cendres.

Ces 822 kg. de cendres se composent de :

Acide phosphorique .	69 kg. 500	Potasse.	253 kg. 500
» sulfurique . .	53 kg. 500	Soude	19 kg. 500
Chlore	54 kg. 500	Oxyde de fer. . . .	5 kg.
Chaux.	60 kg. 500	Acide silicique . . .	257 kg. 500
Magnésie	48 kg. 500		

Voici comment ces éléments se répartissent sur les différents produits de la canne :

	Cannes	Feuilles	Bagasse	Jus
Azote	26,0	26,0	19,5	6,5
Acide phosphorique . . .	25,5	44,0	6,3	9,2
Acide sulfurique	18,5	35,0	4,5	14,0
Chaux	17,5	43,0	10,5	7,0
Magnésie	19,0	29,5	7,2	11,8
Potasse	55,0	198,5	9,0	46,0

Bien que cette évaluation se rapproche de la réalité à plusieurs points de vue, elle est basée sur des données en partie inexactes, et ne mérite pas une entière confiance.

D'après une étude plus récente due à Van Lookeren Campagne, une récolte de 60.000 kg. de cannes enlèverait au sol en moyenne : 57 kg. 4 d'azote, 136 kg. 2 de potasse, 42 kg. 2 d'acide phosphorique et 56 kg. 4 de chaux.

D'autre part, M. Bonâme a déterminé par des analyses les quantités de matières minérales exportées par une récolte de 50.000 kg. de cannes étêtées par hectare.

[1] H. Pellet. — *Etude sur la canne à sucre.*

Digitized by Google

Matières minérales exportées par une récolte de 50.000 kg. *de cannes étêtées* (Bonâme)

	Poids de la récolte		N	P^2O^5	SO^3	Cl	CaO	MgO	KO	NaO	Fe^2O^3	SiO^3	Matières minérales totales
	fraîche	sèche											
	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.
1° Cannes . . .	50.000	13.640	25,000	8,000	12,050	2,000	15,200	15,500	21,350	0,800	14,00	73,700	150,000
Plantes . . .	8.230	1.575	3,290	4,839	6,617	10,274	5,769	8,600	28,714	0,181	0,350	29,719	95,468
Feuilles. . .	13.070	3.327	19,605	9,108	7,018	14,508	16,168	10,534	54,385	3,515	0,611	105,046	220,883
Total. . .	71 300	18.542	21,947	21,947	25,683	27,232	37,137	34,634	104,449	4,496	2,316	208,465	466,351
2° Cannes . . .	50.000	14 895	15,000	32,200	15,300	0,200	14,650	25,150	23,250	1,500	2,250	80,500	155,000
Feuilles. . .	25.500	6 846	31,365	28,050	28,305	33,915	25,245	18,105	123,930	0,510	3,570	138,720	400,350
Total. . .	75 500	21.741	46,365	60,250	43,605	34,115	39,895	43,255	147,180	2,010	5,820	219,220	595,350
3° Cannes . . .	50.000	15.670	17.500	29,900	17,450	0,200	13,900	24,450	33,750	3,800	1,600	69,950	195,000
Feuilles. . .	25.500	6.609	84,935	34,961	28,866	19,049	28,381	24,862	102,790	9,027	2,346	155,168	405,450
Total. . .	75.000	22.279	52,435	64,865	46,316	19,249	42,281	49,312	136,540	12.827	3,946	225,118	600,450
4° Cannes . . .	50.000	17.730	25,500	15,800	11,750	0,700	19,950	16,950	13,850	0,500	0,850	79,650	160,000
Plantes . . .	6,570	1 710	8,081	5,492	5,545	5,131	4,711	4,172	18,856	1,905	0,309	24,835	70,956
Feuilles. . .	9.210	2.307	18,880	9,670	9,523	9,523	14,313	6,852	42,311	1,925	1,676	51,972	143,676
Total. . .	65.780	21.747	52,461	30,962	22,729	15,354	38,974	27,974	75,017	4,330	2,835	156,157	374,632

Digitized by Google

Ces analyses au nombre de 4 se rapportent à des cannes mûres, venues dans des conditions normales :

1° Premiers rejetons 11 mois, récoltés en janvier. 100 kg. de récolte donnent : cannes étêtées 78,12, plants 11 kg. 55, feuilles 10 kg. 33.

2° et 3° Premiers rejetons 12 mois, récoltés en février, 100 kg. de cannes entières donnent ; cannes étêtées 66 kg. ; sommités 34 kg.

4° Cinquièmes rejetons 12 mois, récoltés en avril ; 100 kg. de cannes entières donnent : cannes étêtées 76 kg., plants 10 kg., feuilles 14 kg.

On voit par ce tableau qu'une récolte de 50.000 kg. de cannes à l'hectare enlève au sol les éléments principaux dans les proportions suivantes :

Azote	50 à 60 kg.	Chaux	36 à 40 kg.
Acide phosphorique .	45 à 50 »	Magnésie	30 à 35 »
Potasse.	115 à 120 »		

Les chiffres qui précèdent montrent que la canne est une plante très épuisante. Il est donc du devoir du planteur de recourir à tous les moyens qui s'offrent à lui pour restituer au sol les éléments exportés par les récoltes successives de cette plante.

Composition centésimale des cendres de la canne

	kg.	kg.	kg.	kg.	Moyenne kg.
Acide phosphorique . .	5,32	16,51	15,33	9,86	11,76
» sulfurique . . .	8,04	7,85	8,94	7,35	8,05
Chlore	1,35	0,10	0,10	0,45	0,50
Chaux	10,15	7,52	7,13	12,48	9,32
Magnésie	10,34	12,91	12,55	10,59	11,60
Potasse.	14,23	11,93	17,30	8,67	13,01
Soude	0,53	0,77	1,96	0,31	0,90
Oxyde de fer.	0,95	1.14	0,84	0,52	0,83
Silice	49,09	41,27	35,87	49,77	44,00
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Matières minérales contenues dans 1 000 kg. *de cannes*

	kg.	kg.	kg.	kg.	Moyenne kg.
Acide phosphorique . .	0,160	0,644	0,598	0,316	0,429
» sulfurique . . .	0,841	0,306	0,349	0,235	0,285
Chlore	0,040	0,004	0,004	0,014	0,015
Chaux	0,304	0,278	0,278	0,399	0,318
Magnésie	0,310	0,489	0,489	0,339	0,410
Potasse	0,427	0,675	0,675	0,277	0,461
Soude	0,016	0,076	0,076	0,010	0,033
Oxyde de fer	0,028	0,032	0,032	0,017	0,030
Silice	1,474	1,399	1,399	1,593	1,519
Matières minér. totales.	3,000	3,900	3,900	3,200	3,500
Azote	0,500	0,300	0,350	0,510	0,415

Digitized by Google

Composition centésimale des cendres des feuilles

	kg.	kg.	kg.	kg.	Moyenne kg.
Acide phosphorique . .	4,08	7,02	8,62	6,73	6,61
» sulfurique . . .	3,18	7,07	7,12	3,78	5,29
Chlore	6,57	8,49	4,70	6,63	6,60
Chaux	7,32	6,27	7,10	9,96	7,64
Magnésie	4,77	4,54	16,12	4,77	5,05
Potasse.	24,62	20,93	25,35	29,45	27,58
Soude	1,59	0,17	2,23	1,34	1,32
Oxyde de fer.	0,27	0,87	0,58	1,17	0,72
Silice	47,60	34,65	38,27	86,17	39,18
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Composition des cendres de la canne (feuilles, tige, racines)
d'après C. A. Browne (1)

	Feuilles	Tiges	Racines
Potasse	31,25	38,23	17,39
Soude.	1,17	1,30	0,85
Chaux.	5,90	5,19	3,45
Magnésie	5,11	5,76	2,61
Oxyde de fer	1,45	1,13	3,60
Alumine.	1,03	0,25	4,70
Silice.	30,32	15,70	49,52
Acide phosphorique	7,25	5,27	3,99
» sulfurique	11,29	18,47	9,15
» carbonique	1,10	2.70	0,85
Chlore	3,08	4,52	0,98
Carbone.	3,95	4,05	2,30

Des nombreuses recherches qui ont été faites sur la teneur en matières minérales de la canne on peut tirer les conclusions suivantes :

1° La plus grande partie des cendres de la plante entière est contenue dans les feuilles et les sommets ;

2° L'élément qui prédomine dans les feuilles est la silice, vient ensuite la potasse ; dans les tiges, ces éléments se trouvent en proportion inverse.

3° La chaux et la magnésie s'y trouvent en quantités à peu près égales, mais non constantes, l'une ou l'autre pouvant prédominer ; la même observation s'applique à l'acide phosphorique et à l'acide sulfurique.

4° Les cendres de la plante entière varient dans les limites suivantes: silice 45 à 50 %, potasse 15 à 20 %, chaux 4 à 6 %, magnésie 4 à 6 %, acide phosphorique 2 à 5 %, acide sulfurique 2 à 5 %. Dans certains cas on a trouvé des proportions élevées de chlorures.

(1) C. A. Brown. — Composition de la canne à sucre et de ses produits en Louisiane. *Bull. Ass.*, septembre 1906, p. 373.

Digitized by Google

DU RÔLE PHYSIOLOGIQUE DES MATIÈRES MINÉRALES DANS LA VÉGÉTATION

Les analyses qui précèdent nous montrent que les matières minérales (cendres) ne se trouvent qu'en faible proportion par rapport à la matière organique. Et cependant, elles sont absolument indispensables à la croissance de la plante.

Abstraction faite de quelques éléments qu'on ne rencontre que rarement dans les cendres des plantes, on y trouve toujours, en dehors des éléments organogènes, neuf éléments minéraux, savoir : du soufre, du phosphore, du silicium, du chlore, du potassium, du sodium, du calcium, du fer et du magnésium. Ces divers éléments n'y existent pas à l'état isolé, ni même de simple mélange. A l'exception du chlore, tous sont combinés avec l'oxygène et forment avec lui des *acides* ou des *bases* (oxydes) qui se combinent à leur tour pour former des sels. Mais, comme nous le disions plus haut, ces éléments ne sont pas tous indispensables, car un élément n'est indispensable que lorsqu'il joue un rôle physiologique qui ne peut être rempli aussi bien par quelque autre substance. Un aliment peut n'être pas absolument indispensable, mais simplement utile, soit par lui-même, soit comme équivalent ou comme substitut d'un autre élément qui manque dans le sol. Examinons le rôle des neuf éléments précités.

Le soufre. — Toutes les plantes contiennent du soufre. Cet élément leur est indispensable dès leur premier développement et dans tout le cours de la végétation, car il fait partie des matières albuminoïdes. Selon toute vraisemblance cependant, le soufre ne joue qu'un rôle très secondaire dans la végétation.

Le phosphore donne avec l'oxygène de l'acide phosphorique qui, se combinant aux bases, forme les phosphates. L'acide phosphorique est absolument indispensable pour la production végétale. On n'a jamais réussi à amener une plante à son développement normal dans une terre dépourvue d'acide phosphorique. Celui-ci est indispensable à la formation et à l'activité du protoplasma, qui est le point de départ de toute végétation. En outre, tous les organes végétaux riches en matières albuminoïdes sont également riches en phosphates. L'acide phosphorique accompagne donc toujours la matière azotée ; il en est de même lorsque celui-ci se déplace dans les plantes. Cependant, le rapport de l'acide phosphorique à l'azote n'est pas constant : il varie

Digitized by Google

de 1 partie d'acide phosphorique pour 2 à 4 parties d'azote. Enfin, l'acide phosphorique constitue un élément de la matière colorante de la chlorophylle, qui est vraisemblablement une sorte de lécithine.

Le silicium combiné à l'oxygène donne la silice ou acide silicique qu'on trouve dans les cendres des végétaux supérieurs. La silice occupe la limite des éléments indispensables ; elle se trouve en faible quantité dans le protoplasma, et en grande quantité à la périphérie des tiges, principalement sous l'épiderme, par conséquent de préférence dans les tissus âgés qui doivent servir de protecteurs et de soutiens aux autres parties de la plante. L'acide silicique est utile en ce sens que, comme tout autre minéral, il peut couvrir jusqu'à un certain point les besoins généraux de la plante en matière minérale, de sorte qu'elle peut se contenter alors de quantités relativement moindres des minéraux indispensables pour l'échange des substances. Il est à peine nécessaire de faire observer que dans ce cas la plante manquera de vigueur et ne donnera qu'un faible rendement cultural.

Certaines plantes, telles que la canne à sucre, les céréales, etc., se distinguent par une teneur élevée en silice. Ainsi, par exemple, la paille des céréales contient en moyenne 5 % de cendres composées pour moitié de silice. L'interposition de celle-ci a pour but, non seulement de consolider la tige, mais encore de la prémunir contre les attaques des champignons, des insectes et des animaux.

Le chlore se rencontre seulement à l'état de chlorure de potassium ou de sodium. Il se trouve régulièrement dans toutes les plantes supérieures, mais en plus grande quantité que le soufre ; il s'accumule plus dans les feuilles que dans les racines. Il est indispensable à la végétation normale des plantes.

En dehors des quatre métalloïdes que nous venons de mentionner, on trouve dans les cendres des plantes cinq métaux, qui sont : le potassium, le sodium, le calcium, le magnésium et le fer.

Le potassium donne avec l'oxygène la potasse qui se trouve dans les cendres de toutes les plantes. On désigne comme plantes avides de potasse toutes celles qui produisent spécialement de grandes quantités d'hydrates de carbone, telles que la pomme de terre, la betterave à sucre, la vigne, la canne à sucre, etc. La teneur en potasse des plantes varie suivant leur genre, et pour un seul et même genre suivant la nature des aliments qu'on met à leur disposition. Si on leur donne des sels de potasse en excès, on y retrouve ces sels sous forme

Digitized by Google

de sels minéraux ; tandis que si on leur donne une alimentation normale, ces sels s'y trouvent en combinaison avec des acides organiques. Contrairement à ce qui a lieu pour le chlore, la potasse influe d'une manière favorable sur la qualité des produits.

Le sodium forme avec l'oxygène la soude, qui se trouve dans les cendres végétales à l'état de carbonate, de sulfate, de phosphate ou de silicate ; on l'y rencontre également en combinaison avec le chlore sous forme de chlorure de sodium ou sel de cuisine. Ce métal se rencontre dans les cendres des plantes cultivées dans des conditions normales, mais en quantité moindre que le potassium. Tandis que l'acide phosphorique et la potasse s'accumulent dans certains organes des plantes, le sodium se trouve réparti uniformément dans tout le végétal. On ne reconnaît à ce corps aucun rôle physiologique particulier ; les végétaux supérieurs, notamment nos plantes de culture, peuvent se développer normalement sans avoir du sodium à leur disposition. Le sodium est utile en ce sens qu'il peut couvrir en partie les besoins de la plante en matières minérales, et qu'elles exigent alors moins de potasse. Un fait digne de remarque est que les betteraves ne donnent jamais les rendements culturaux les plus élevés si on ne leur donne un peu de chlorure de sodium, même lorsque la potasse est en excès.

Le calcium donne avec l'oxygène la chaux ou oxyde de calcium, qui se trouve dans les cendres des végétaux à l'état de carbonate, de phosphate, de sulfate ou de silicate. Le calcium se rencontre en proportions sensibles dans tous les végétaux supérieurs. On le trouve plus spécialement dans les feuilles et, par conséquent, dans toutes les plantes à grand développement foliacé ; les cendres des racines, tubercules, rhizomes en contiennent très peu. D'une manière générale, les organes végétatifs contiennent principalement de la chaux et peu de magnésie, tandis que les graines renferment surtout de la magnésie et peu de chaux.

La chaux est un aliment indispensable de la plante. Aucun végétal supérieur ne peut se développer normalement si, dès la germination, il ne trouve à sa portée des sels de chaux assimilables. Le calcium paraît influer notamment sur la formation des organes chlorophylliens ; on a remarqué, en effet, que les parties blanches des feuilles panachées contiennent moins de chaux que les parties vertes. En outre, la chaux est appelée à neutraliser l'influence nuisible exercée par l'acide

Digitized by Google

oxalique libre sur le noyau cellulaire des végétaux supérieurs, en transformant cet acide en oxalate de chaux insoluble et inoffensif. L'acide oxalique étant localisé principalement dans les feuilles, on comprend dès lors pourquoi les plantes à grand développement foliacé sont celles qui contiennent le plus de chaux.

Le magnésium donne avec l'oxygène la magnésie qu'on trouve régulièrement dans les cendres des végétaux combinée aux acides carbonique, sulfurique et phosphorique, à l'état de carbonate, de sulfate et de phosphate. La magnésie s'accumule de préférence dans les graines, notamment dans l'enveloppe corticale. Son rôle physiologique consiste, d'après Low, à faciliter l'assimilation de certains aliments de la plante, qui sont plus solubles à l'état de sels magnésiens. Ainsi, l'acide phosphorique, l'azote et le soufre sont beaucoup plus assimilables sous forme de sels magnésiens que sous forme de sels calcaires, ce qui est particulièrement important pour la formation de l'albumine et de la nucléine. Mais, les sels magnésiens seuls sont toxiques pour la plante ; ils doivent donc être toujours associés à une certaine quantité de sels de chaux.

Le fer forme avec l'oxygène des oxydes qui se rencontrent dans les cendres végétales en combinaison avec l'acide phosphorique. Le fer est indispensable à la vie des végétaux supérieurs ; il concourt à la formation de la matière colorante verte de la chlorophylle, quoique celle-ci ne contienne pas de fer. Dans la plupart des cas cependant, il suffit de faibles quantités de fer pour couvrir les besoins de la plante. Ainsi, par exemple, une récolte de maïs n'enlèverait au sol que 400 gr. de fer par hectare, d'après Pfeffer.

On trouve encore dans les cendres de certaines plantes de l'iode, du fluor, de l'aluminium, du manganèse et d'autres minéraux : mais comme ces corps ne se rencontrent qu'exceptionnellement, il n'y a pas lieu de nous y arrêter. Certains d'entre eux, comme le manganèse, jouent le rôle d'engrais catalytiques, dont l'étude entreprise par M. G. Bertrand nous réserve peut-être des surprises.

Somme toute, la quantité et la nature des constituants minéraux de la canne dépendent en grande partie de la nature du sol où elle végète, ainsi que l'a démontré Prinsen Geerligs par des expériences de culture en pots. Elles dépendent également des variétés de cannes, les unes en absorbant plus que les autres cultivées dans le même champ.

Digitized by Google

Des analyses faites par Brown il résulte que les matières minérales de la canne diminuent dans la période de maturation, la potasse, la soude et les chlorures émigrant alors dans les feuilles, ce qui explique pourquoi les bouts blancs sont plus riches en ces matières que les autres parties de la canne.

La teneur des jus en matières minérales dépend beaucoup de l'intensité de pression des moulins : le jus obtenu par une forte pression contient beaucoup plus de cendres solubles (potasse) et insolubles (silice) que les jus extraits par une faible pression.

Digitized by Google

CHAPITRE III

—

CULTURE DE LA CANNE

CHOIX ET PRÉPARATION DU SOL

Quoique la canne pousse dans tous les sols si elle reçoit les soins et les engrais nécessaires à ses besoins, la composition des terres n'en est pas moins une des causes principales de variation dans la richesse saccharine et dans le rendement cultural. Les propriétés physiques et climatériques ont aussi une grande influence : ainsi en Egypte, au Pérou, au sud de l'Espagne, si l'on ne pouvait irriguer pendant les sécheresses, les rendements culturaux seraient très médiocres.

Dans les terres meubles, franches, profondes et moyennement arrosées par les pluies ou par l'irrigation, la canne devient belle, grosse et donne beaucoup de sucre.

Dans les terres sablonneuses légères ou les sols volcaniques d'origine récente, le jus est très sucré, mais les cannes sont quelquefois petites.

Dans les terres calcaires, les cannes se développent supérieurement, leur jus est riche et facile à travailler.

Dans les terres d'alluvion, trop aqueuses ou trop riches en principes salins, les cannes ont une belle apparence, mais les vesous sont pauvres en sucre, se travaillent difficilement et produisent beaucoup de mélasse (Delteil).

Préparation du sol. — Nous empruntons à M. Bonâme, la description qu'il a faite du défrichement, les procédés qu'il décrit étant les plus en usage.

Le défrichement proprement dit est une opération dont l'importance diminue de jour en jour dans les colonies où, à part quelques rares

Digitized by Google

exceptions, toutes les terres les plus favorables à la canne ont été soumises à la culture. Les défrichements actuels se font généralement sur des terres abandonnées depuis plusieurs années.

Le défrichement est une opération fort coûteuse et, à moins de terres profondes, fertiles et bien situées, il est souvent plus avantageux de consacrer le prix qu'il coûte à l'amélioration et à l'amendement des plantations déjà existantes.

La valeur du bois provenant du défrichement peut être assez élevée pour qu'on puisse en tenir compte dans quelques rares localités. Lorsque l'on veut mettre une terre en culture, les gros bois sont mis de côté pour être employés comme combustible ou bois d'œuvre, et toutes les branches et menus bois sont brûlés sur place pour en débarrasser le terrain.

Parfois, afin de diminuer le prix de revient du défrichement, on laisse les gros arbres sur pied en les coupant à 1 m. de hauteur environ, puis on plante les boutures ; quelques années après et lorsque l'on a déjà obtenu quelques récoltes, on arrache les souches ligneuses alors qu'elles sont déjà à moitié décomposées, ce qui rend leur extraction beaucoup plus facile.

Généralement le terrain à mettre en culture ne contient que des broussailles parsemées d'arbres plus ou moins volumineux ; ces arbres sont souvent épineux (acacias, campèches, etc.) et les ouvriers, qui sont exposés à se blesser ou à se déchirer, travaillent très lentement lorsqu'il s'agit de les couper et de les mettre en tas pour les brûler. Il convient alors d'opérer de la façon suivante :

Les broussailles et arbustes de petite taille sont coupés ou déracinés et laissés sur le terrain sans qu'on prenne la peine de les déplacer et de les mettre en tas ; on a seulement soin de les faire tomber les uns sur les autres et dans le même sens ; les gros arbres sont laissés intacts, et on continue ainsi jusqu'à l'extrémité du terrain à défricher. Au bout de quelques jours et quand les feuilles sont assez sèches, on y met le feu ; toutes les herbes et les branchages se consument et il ne reste sur le sol que les plus gros bois dépourvus de leurs brindilles et de leurs épines ou aiguillons ; on les amoncelle ensuite pour les brûler à leur tour. De cette façon l'opération marche plus rapidement ; car le terrain ayant été déblayé par le feu, les ouvriers, qui vont nu pieds, y circulent beaucoup plus facilement.

On enlève ensuite toutes les pierres disséminées sur le sol et on

Digitized by Google

répand uniformément toutes les cendres provenant de la combustion des broussailles ; cet épandage doit se faire avant les pluies afin que les sels alcalins solubles soient répartis régulièrement sur toute la surface de la pièce.

Si le terrain à défricher ne porte pas de grands végétaux ligneux, on n'aura qu'à couper les parties les plus touffues des plantes qui y croissent, et à les brûler lorsqu'elles seront sèches.

En agriculture, la destruction des matières organiques par le feu est souvent une faute ; mais dans le cas de mise en culture d'un terrain, cette méthode a l'avantage de détruire du même coup tous les insectes et les graines de mauvaises herbes qui pourraient plus tard envahir la plantation.

Nous savons que la matière organique contenue dans les terres est indispensable à leur fertilité, et que lorsqu'elle est épuisée par un système de culture défectueux, il est parfois plus difficile de la remplacer que de reconstituer leur richesse minérale lorsque celle-ci vient à s'épuiser. Il faut donc être très prudent et très réservé pour toutes les opérations qui peuvent la détruire et ne les exécuter que si elles doivent procurer, d'autre part, des avantages sérieux : la destruction des herbes adventices qui envahissent les cultures sous les climats tropicaux peut être poursuivie à ce prix.

Après le défrichement, la réserve parfois considérable du sol en humus s'épuise plus rapidement dans les climats chauds que dans les pays froids, par suite des fermentations et des décompositions plus actives qui s'accomplissent ; mais dans la culture de la canne, il est facile, non seulement de conserver cette richesse, mais encore de l'augmenter en raison de la masse de débris végétaux que cette plante laisse chaque année sur le sol. On peut évaluer cette quantité à 10.000 ou 15.000 kg. de matières sèches par hectare si on abandonne toutes les feuilles et sommités et qu'on n'enlève du terrain que la canne proprement dite. La richesse du sol en humus ne doit donc pas s'épuiser avec la culture rationnelle de la canne à sucre. Le terrain parfaitement nettoyé des bois et des pierres qui l'encombraient, est divisé en pièces d'une plus ou moins grande superficie, séparées par des lisières ou chemins assez larges pour que les véhicules puissent y circuler avec facilité. A la Guadeloupe, on donne aux pièces ainsi délimitées la valeur d'un hectare ; à Cuba, elle varie de 1 à 5 ha.

Digitized by Google

Cette division présente les avantages suivants : Elle facilite la surveillance de toutes les plantations et elle établit des chemins pour le transport des engrais et de la récolte. Elle permet de combattre plus facilement les incendies qui se déclarent parfois dans les cannes, soit accidentellement, soit par malveillance. L'incendie est d'autant plus difficile à éteindre et cause d'autant plus de ravages que les feuilles sèches dans les cannes se trouvent en plus grande quantité et que la sécheresse est plus intense.

A la Guadeloupe, on se rend assez facilement maître du feu ; il est rare qu'il se propage d'une pièce à une autre et qu'on ne puisse pas l'arrêter à la lisière où il s'est déclaré. Il n'en est pas de même à Cuba, soit que la sécheresse y soit plus à craindre, soit que la surveillance y soit moins active, les incendies dévastent souvent des étendues considérables de terrain et durent parfois plusieurs jours.

Les lisières sont donc indispensables et le terrain que l'on y consacre n'est point perdu. Elles doivent être rapprochées les unes des autres pour que les charrettes n'aient pas besoin de pénétrer dans les pièces lorsque le terrain est détrempé par les pluies ; c'est pourquoi, au lieu de découper la plantation en carrés de 100 m. de côté, il vaudrait mieux leur donner une largeur moindre et une plus grande longueur tout en conservant la même superficie.

On peut donner aux lisières qui servent de passage et qui aboutissent à un chemin d'exploitation une largeur de 6 à 7 m. ; mais pour celles qui séparent les pièces seulement et qui ne servent qu'au débardage sans donner accès à des terrains plus éloignés, elles peuvent être réduites à 3 ou 4 m., c'est-à-dire à la moitié de la largeur des lignes principales. Par les temps pluvieux, les dégâts causés aux souches par les roues des charrettes sont considérables et il faut, en cas de nécessité, pouvoir charger les véhicules sans les faire pénétrer dans la pièce.

Aussitôt après l'épandage des cendres, on doit procéder à un premier labour pour les enterrer et ameublir la terre. Ce premier labour doit être fait à une profondeur normale (15 à 20 cm.). Un deuxième labour fait perpendiculairement au premier aura, dans un sous-sol fertile, une profondeur de 25 à 30 cm. A la Guadeloupe, on emploie généralement la charrue de Mathieu de Dombasle ; il en est de même dans les petites cultures à Cuba. Mais la charrue américaine s'y

Digitized by Google

répand beaucoup, quelques grandes usines centrales emploient la charrue à vapeur.

Lorsque l'on défriche une savane anciennement plantée de canne, et qui avait été abandonnée quelques années pour laisser reposer la terre, on brûle toutes les herbes qui la couvrent au moment de la saison sèche, et on laboure immédiatement après pour enterrer les cendres. On fait suivre la charrue par un homme chargé de ramasser toutes les vieilles souches que celle-ci ramènera à la surface ; on procède ensuite à la préparation du sol telle que nous l'avons décrite plus haut, mais en évitant de donner aux sillons le même emplacement que les précédents ; il est même bon de leur donner une autre direction, si c'est possible.

PLANTATION DE LA CANNE

On emploie généralement deux méthodes pour la plantation de la canne : la plantation par trouaison ou *mortaise*, et la plantation en *sillons*.

Plantation en trouaison. — Ce mode de plantation est employé à Maurice, à la Réunion, et dans tous les pays où la couche arable est insuffisante pour permettre les labours, et dans les terrains pierreux et montagneux. A cet effet, on fait des trous qui ont à la Réunion 0 m. 65 de long, 0 m. 16 de large, 0 m. 25 de profondeur et 1 m. 30 de distance entre chaque rang ; on donne aux trous 0 m. 575 de long, 0 m. 25 à 0 m. 30 de large, et 0 m. 22 de profondeur. Delteil à qui nous empruntons ces chiffres, fait observer que les plants de nouvelles cannes se développent mieux dans de larges mortaises et produisent plus de rejetons.

Dans les localités sèches les mortaises doivent être étroites et profondes de façon à éviter leur dessèchement par le soleil. Dans ces conditions les lignes sont espacées de 1 m. 200 d'axe en axe ; pour les terres humides et fertiles on peut aller jusqu'à 2 m.

Plantation en sillonnage. — La terre une fois ameublie par deux labours successifs avec la charrue à double versoir ou la charrue simple, on ouvre des sillons d'environ 25 à 30 cm. de profondeur. Avec la charrue simple, on ouvre le sillon en allant et en revenant dans la même raie.

Le fond du sillon est généralement très dur, et comme c'est là que

Digitized by Google

l'on placera la bouture, il est utile de l'ameublir soit avec les bras disponibles, soit comme le recommande Bonâme, avec une fouilleuse ordinaire ou une fouilleuse Bazin ; celle-ci est composée de trois dents de scarificateur, montées sur un bâti en bois ou en fer, qui ameublissent le sous-sol en le laissant en place.

En terrain plat, les sillons doivent être orientés N.-S., afin que les plants reçoivent également le soleil de chaque côté des lignes.

Pour les terrains en pente, la direction des sillons doit être perpendiculaire à la pente ou très légèrement inclinée sur celle-ci, sinon les grosses pluies de l'hivernage auraient pour effet de raviner le sol et d'enlever les plants.

Lorsque l'on est obligé de pratiquer l'irrigation, on donnera aux sillons une direction perpendiculaire au canal d'arrivée des eaux.

Mode de plantation de la canne. Choix et traitement des boutures. — Nous avons vu que les graines de cannes sont d'une culture difficile et combien leur germination est aléatoire ; aussi jusqu'en ces derniers temps ne reproduisait-on la canne que par bouture.

L'époque de la plantation étant celle de la roulaison, on a naturellement pensé à employer comme boutures, les têtes de canne ou bouts blancs. On choisit les plants dans les meilleures pièces de la récolte, en rejetant toutes les têtes ayant fléché, et on laisse deux ou trois nœuds au-dessous de la tête, le bout blanc étant très tendre et exposé à pourrir s'il est planté dans une terre un peu humide. Certains auteurs réprouvent ce mode de culture qui, d'après eux, doit amener progressivement la dégénérescence de la canne. A la Guadeloupe où toutes les plantations se font par ce procédé, nous n'avons entendu relater aucun cas de dégénérescence. Cela tient au mode de plantation : on a soin de n'enfouir que la partie sucrée de la canne, et de laisser émerger la partie supérieure.

A la Réunion, où l'on ne plante que les sommets de la canne, en les plaçant horizontalement au fond des mortaises, la dégénérescence se produit inévitablement au bout d'un certain nombre d'années.

A Cuba, où l'on plante les corps, on ne constate pas de dégénérescence ; on l'a constatée par contre à Porto-Rico, dans les localités où l'on plante les têtes.

La plantation par corps exige environ 2.000 kg. de cannes par ha.

Digitized by Google

Les terres doivent être préparées autant que possible pendant l'entre-coupe. On peut planter dès le début de la coupe avec des cannes *mûres*, et faire la récolte au bout de 14 mois environ. Le surplus de la plantation doit se faire en fin de coupe, avec des cannes arrivées à une maturité suffisante. Cette époque de l'année coïncide généralement avec la saison des pluies, ce qui facilite la germination; les cannes plantées alors sont coupées au bout de 20 à 22 mois (Réunion).

La plantation par les sommités est plus explicable dans les terrains très secs, où les têtes germent plus facilement que les corps; mais il faut alors prélever chaque année les têtes nécessaires à la plantation sur des cannes d'autres localités et provenant de la plantation par corps.

Autrefois, avant l'établissement des grandes fabriques aux Antilles, alors que l'extraction du sucre était faite par les planteurs eux-mêmes, on faisait la fabrication du sucre à deux époques différentes. Ainsi, lorsque le moment de la plantation était arrivé, on coupait les cannes en les choisissant pour faire des boutures, et alors on était obligé de faire marcher l'usine pour travailler les cannes non employées pour la plantation. On faisait donc une petite roulaison, puis on suspendait la fabrication pour attendre l'époque de la maturité de la canne. Mais, à mesure que la fabrication se centralisait dans les grandes usines, celles-ci trouvèrent ce procédé onéreux et préférèrent travailler toutes les cannes à la fois; par suite, la plantation se faisait alors à une époque plus reculée, et ce retard était évidemment nuisible à la qualité de la canne. On a fini par reconnaître que ce procédé présente plus d'inconvénients que d'avantages, et il se produit actuellement à la Martinique un mouvement en faveur de l'ancien mode de procéder; plusieurs fabricants ont décidé de refaire leur fabrication en deux fois, afin de conserver à la canne ses qualités primitives.

A Cuba et en Espagne, comme nous venons de le dire, on sacrifie une partie de la récolte et l'on plante la canne entière en la couchant dans le sillon. La canne est coupée en morceaux de 60 à 80 cm. dans les entre-nœuds.

Don Alvaro Reynoso, chimiste agronome de Cuba, s'est livré à de nombreux essais de bouturage sur des cannes entières ou tronçonnées en morceaux plus ou moins petits; il est arrivé aux conclusions suivantes :

Digitized by Google

Dans les terrains secs ou simplement frais, on doit planter la canne en tronçons de huit à dix œilletons, car lorsque la sécheresse est longue, les bourgeons moyens sèchent et se développent lentement.

Si le terrain est humide, argileux, peu perméable, on doit planter des cannes entières, car l'eau en pénétrant dans l'extrémité des boutures les fait pourrir et le centre seul de la canne donne des rejets.

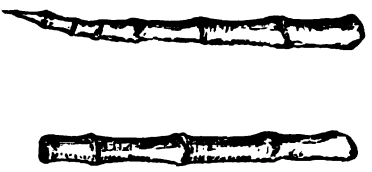


Fig. 342. — Boutures de canne.

Si l'on veut planter les cannes avant la roulaison, on peut sans craindre d'abîmer la récolte couper les têtes de cannes nécessaires à la plantation quelques semaines avant de faire la coupe pour la fabrication.

Les têtes de cannes que l'on voudrait planter après la roulaison ne se conservent pas plus d'une quinzaine de jours, même si elles sont protégées contre le soleil et contre l'humidité.

M. le Prof. Stubb's, directeur de la Kenner sugar exposition station en Louisiane, a fait des expériences dans le but de déterminer quelle partie de la canne fournit les meilleures boutures pour la

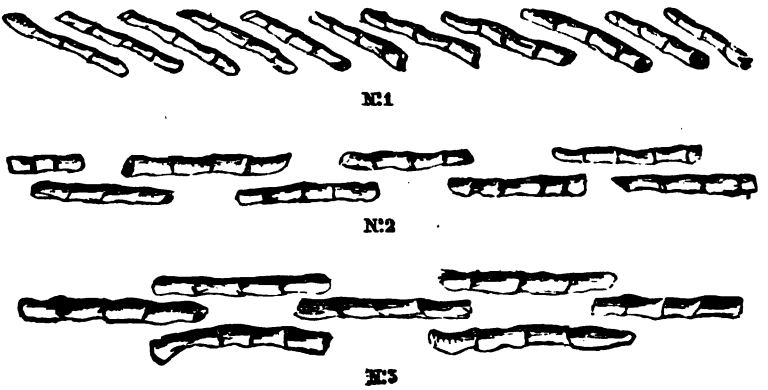


Fig. 343. — Mode de disposition des boutures dans les sillons.

reproduction. Des tiges de cannes choisies ont été coupées en deux et trois parties. Chacune fut plantée séparément et on prit trois tiges pour chaque détermination ; le tableau de la page 379 donne les résultats obtenus.

Ces résultats montreraient que le sommet est préférable à toute autre portion de la canne ; M. Stubb's s'en autorise pour prédire

Digitized by Google

qu'un jour la culture, séparée de la fabrication, plantera tous les tiers supérieurs des cannes et vendra le reste un prix plus élevé.

Cette expérience de M. Stubb's ne nous paraît pas concluante.

	Nombre de tiges plantées	Nombre de tiges récoltées	Poids de la canne	Poids moyen d'une tige	Tonnes par acre	Analyse du jus				
						Matières sèches	Saccharose	Glucose	Glucose 0/0 de sucre	Coefficient de pureté
			livres							
3 essais, moitié supérieure	1451	1364	3866	2,83	45,10	12,3	9,30	1,67	17,9	75,8
3 essais, moitié inférieure	1403	1211	3686	3,04	45,»	12,7	9,60	1,64	17,0	75,5
3 essais, tiers supérieur	1379	1065	3018	2,83	35,21	12,4	9,50	1,72	17,1	76,6
— tiers moyen .	1184	1281	3328	2,60	38,82	12,3	9,»	1,89	21,»	72,0
— tiers inférieur	1487	1399	3514	2,68	41,02	12,3	9,15	1,67	18,2	68,8

Pour se rendre un compte exact des effets produits par les deux modes de plantation, têtes ou corps, il faudrait, pendant une série d'années, planter constamment les têtes prélevées sur des cannes provenant de plantations par têtes, et les corps provenant de plantations par corps.

En comparant les résultats obtenus ainsi pendant dix ou douze ans, on pourrait certainement en tirer des conclusions sérieuses et pratiques.

Le même auteur a recherché quelle quantité de tiges devaient être plantées. Le tableau suivant donne les résultats obtenus.

Nombre de tiges	Nombre de tiges plantées	Nombre de tiges récoltées	Poids de la canne	Poids moyen d'une tige	Nombre de tiges par acre	Tonnes par acres	Analyse du jus				
							Matières sèches	Saccharose	Glucose	Glucose 0/0 de sucre	Coefficient de pureté
			livres								
1 non coupée .	749	1065	3260	3,06	24.840	38,01	13,2	9,20	1,62	17,6	69,7
1 coupée . .	641	1180	3248	2,80	27.580	37,87	12,4	9 »	1,56	17,3	71,5
2 non coupées.	909	1200	3698	3,08	28.600	43,14	13,4	9,90	1,57	15,7	73,8
2 coupées . .	775	1180	3208	2,72	27.580	31,42	12,2	8,65	1,53	18 »	70,9
3 non coupées.	1378	1257	3722	2,91	29.330	43,42	13,4	10,05	1,56	14,2	75 »
3 coupées . .	907	1240	3080	2.48	28.910	35,98	13,3	9,90	1,43	15,2	74,4
4 non coupées.	1511	1282	3900	3,04	29.890	45,50	13,4	9,50	1,71	18 »	70,6
4 coupées . .	1279	1324	3676	2,70	30.870	42.50	13,6	9,75	1,71	17,5	71,6

Avec de bonnes cannes, deux tiges suffisent pour produire un bon

Digitized by Google

rendement. Si la terre est bonne, une tige non coupée donnera un excellent rendement, comme le montre le tableau ci-dessus, les tiges non coupées ayant toujours donné un poids et une richesse supérieure aux tiges coupées.

Ecartement des plants. — Lorsque l'on a ouvert les sillons qui doivent recevoir les boutures, sillons généralement espacés de 1 m. 30 à 1 m. 50 à la Guadeloupe, et de 1 m. 70 à Cuba, on fait un trou en terre d'environ 15 à 20 cm., dans lequel on place la bouture; on tasse un peu de terre dessus pour l'empêcher de se dessécher, et au fur et à mesure de la croissance des rejets on les couvre de même en rejetant la terre dans le sillon. Aussitôt que l'on s'aperçoit que des boutures n'ont pas émis de rejets on les remplace pour éviter les vides.

Bonâme donne comme distance entre les plants dans le sillon 0 m. 90 à 1 m., ce qui correspond à 78.000 pieds à l'ha.

Voici les résultats qu'il a obtenus dans ses recherches sur l'écartement des plants :

Ecartement	Rendement à l'hectare		Rendement par touffe	Nombre de plants à l'hectare
mètres	cannes plantées	rejetons		
2,00 sur 2,00	57 kg. 300	46.300	27 kg.	2.500
2,00 — 1,00	70 — 500	53.400	14 —	5.000

et dans une autre circonstance :

1,50 sur 2,00	57 — 800	43.100	13 —	4.400
1,00 — 1,00	57 — 800	43.700	9 —	6.600
1,00 — 0,75	59 — 900	46.400	7 —	8.800

A Cuba, l'écartement des sillons est de 1 m. 70. On ne se sert pas des têtes de cannes, mais, comme nous l'avons déjà fait observer, on emploie des cannes entières que l'on couche bout à bout dans le sillon. Reynoso estime que ce mode de culture exige 8.000 kg. de tiges à l'ha.

Traitement antiseptique des boutures avant la plantation. — Pour préserver les boutures contre les agents de destruction dans le sol, on a eu l'idée de les traiter par divers antiseptiques, tels que la bouillie bordelaise et le goudron. Il résulte d'expériences faites à ce sujet au « Cassada Garden Estate » (1), que la bouillie bordelaise est l'agent de préservation le plus efficace, surtout quand elle est appli-

(1) A. Howard. — Field treatment of cane cutlings, West Indian *Bulletin*, vol. III, p. 73.

Digitized by Google

quée aux fragments de tiges. 75 % de boutures ainsi traitées persistent ; les boutures non traitées meurent dans la proportion de 80 %. Les boutures de sommités (tops), passées à la bouillie bordelaise, réussissent dans la proportion de 96 % ; celles qui n'ont pas subi ce traitement meurent dans la proportion de 39 %.

Le *goudronnage* des extrémités des boutures ne donne pas de rèsultats marqués quand il est appliqué aux fragments de tiges, il n'en donne aucun pour les sommités.

L'emploi simultané du goudronnage et de la bouillie bordelaise n'a pas fourni de meilleurs résultats que la bouillie bordelaise seule.

Ce traitement est surtout recommandable dans les cas où la sécheresse ou les maladies cryptogamiques peuvent compromettre la reprise des boutures.

Aux îles Hawaï, d'après de Villèle, la profondeur du labour varie de 40 à 50 cm. dans les terres où l'on emploie les charrues à vapeur. Un hersage suit ce premier labour ; un mois après on laboure une deuxième fois à la vapeur ou avec les charrues à disque et on herse quelque temps après. La terre étant bien unie, on la sillonne avec une charrue à double versoir en laissant entre les lignes une distance de 1 m. 50, et on dispose dans les sillons les boutures à la suite les unes des autres. C'est la sommité de la canne qui est choisie pour la reproduction de la plante, comme cela a lieu au Pérou et dans d'autres pays qui se livrent à la culture de la canne. Les travaux de Stubb's, Bonâme, Beeson, Maxwell et Cobb montrent que c'est la meilleure partie, puisqu'elle met à la disposition de la plante une plus grande réserve d'aliments azotés et minéraux, et que les gaines des feuilles préservent les nœuds des invasions cryptogamiques.

Contrairement à ce qui a lieu parfois, les boutures sont mises en terre le plus tôt possible ; cette pratique a pour effet de les soustraire à la dessiccation et à la fermentation acétique. Aussi la levée des plants est plus régulière que lorsque les boutures ont été conservées plus ou moins longtemps avant d'être confiées au sol. L'insuccès de certaines plantations tardives, faites après la campagne sucrière, n'est dû la plupart du temps qu'à l'emploi de sommités vieilles, desséchées et fermentées.

Une étude faite sur la valeur fertilisante des feuilles de canne, faite par M. Eckart en 1903, a montré que la pluie leur enlevait en l'es-

Digitized by Google

pace de deux mois 90,8 °/₀ de leur potasse, 43,3 de leur acide phosphorique et de 62,2 °/₀ de leur azote. Ces principes, déposés dans le sol tout à côté des racines, doivent donc contribuer à la première alimentation de la plante. La conservation des feuilles au moment de la préparation des boutures est donc favorable à la première végétation de la canne.

Epoque de la plantation. — A la Guadeloupe, à la Martinique et dans toutes les îles des Antilles, les plantations se font généralement à deux époques dont l'une, l'époque de *grande culture*, va de septembre à février et l'autre, dite époque de *petite culture*, va de mai à juin.

La canne de grande culture est généralement plus soignée que celle de petite culture par suite de l'abondance de bras pour donner à la jeune canne les soins nécessaires pour son développement, tandis qu'à l'époque de la petite culture les travaux de la fabrication du sucre occupent les ouvriers pour le transport des cannes. En outre, la canne de grande culture ne sera coupée qu'au bout de 16 à 18 mois, tandis que la canne de petite culture le sera au bout de 12 mois, alors qu'elle sera à peine arrivée à maturité.

A Cuba, il y a trois époques pour la plantation, qui sont : la plantation de *frio*, c'est-à-dire de froid, de septembre à fin décembre ; la plantation de *medio tiempo*, de janvier à fin avril ; la plantation de *primavera* ou de printemps, c'est-à-dire de mai à commencement de juillet.

A la Réunion, les plantations se font de septembre à mars. Comme il est dit plus haut, on plante à la Réunion soit en juillet-août — soit en décembre, janvier au plus tard. Les cannes plantées en février ou mars, en plein hivernage, ont toujours donné des vesous pauvres ; ces cannes ne mûrissent pas.

A Maurice, on plante en trois époques suivant la nature des terres où la canne sera cultivée. On distingue : *la grande saison* (octobre à fin décembre), qui convient aux terres froides et élevées ; la *demi-saison* (décembre et janvier) qui convient aux terrains de moyenne altitude ; enfin *la petite saison* (mars à août) où l'on plante dans les plaines chaudes et humides.

Digitized by Google

ENTRETIEN DES CHAMPS DE CANNES

Aussitôt que les boutures ont donné les rejets, on procède au *buttage*, opération qui consiste à rabattre les terres qu'on a rejetées pour former le sillon autour de la canne ; ce travail se fait généralement en deux ou trois fois, au fur et à mesure de la croissance des

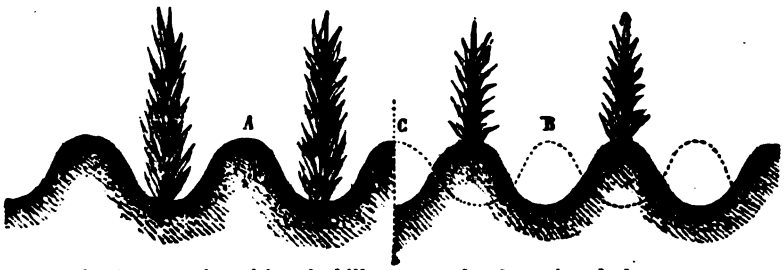


Fig. 344. — Disposition de billons pour la plantation de la canne.

rejets, de façon à terminer lorsque les rejets auront acquis la force nécessaire pour résister à l'action du soleil et des pluies.

Pendant la végétation, il est nécessaire de procéder à plusieurs *binages*, pour enlever les mauvaises herbes qui viendraient étouffer la jeune canne. Ces binages présentent en outre l'avantage d'ameublir la terre autour des souches.

*
* *

Aux îles Hawaï (1). les sarclages à la houe se font au nombre de trois pour les cannes plantées, ainsi que pour les repousses, mais on les alterne avec des binages à la petite charrue, au buttoir ou au cultivateur.

Dans les terres compactes les sarclages à la houe sont insuffisants pour la bonne venue de la canne. La plante, en effet, doit non seulement être défendue contre les mauvaises herbes, elle exige encore que le sol soit aéré dans lequel elle étend ses racines. Or, la houe agit souvent sur le sol à l'instar d'une truelle sur le ciment, elle le lisse, le glace et, quand la pluie vient à tomber, elle ne fait que raffermir la croûte superficielle du sol. L'usage des cultivateurs et des instruments analogues vient donc réparer l'insuffisance de la houe en ameublissant la surface cultivée.

(1) D'après A. De Villèle, *op. cit.*

Digitized by Google

L'insuffisance de la main-d'œuvre masculine ayant obligé un planteur de la Réunion à se servir de femmes et d'enfants, celui-ci, au lieu de leur donner des houes qu'il jugeait trop lourdes, les avait armés de *rasettes*. Le travail produit à l'aide de cet outil fut un véritable binage et la récolte obtenue fut supérieure pour la belle venue et le poids des cannes, à celle des champs voisins sarclés à la houe. Nul doute que c'est à l'action ameublissante de la rasette qu'est due cette supériorité.

Le cultivateur attelé dont on se sert à Hawaï est d'une grande simplicité ; ses dents ameublissent le sol, recueillent l'herbe, les tiges, les feuilles, la paille et débris de toute sorte qui s'amassent dans l'armature circulaire ; lorsque celle-ci est pleine, le conducteur l'en débarrasse en soulevant les mancherons.

Pour le binage des repousses, on emploie la charrue à disques Benicia Horner, qui avec ses deux disques retourne la terre des sillons à gauche et à droite tout en avançant ; le sol après son passage se trouve émietté. La Benicia Horner n° 3 fait en une fois autant de travail que la charrue ordinaire en passant trois fois de suite ; elle permet d'ameublir 2 à 3 ha. par jour. On la construit en trois grandeurs, pour 1, 2 ou 3 chevaux.

Elle sert non seulement à ameublir le sol, mais encore à buter la canne.

Les sillons qui formaient les ados sont nivelés par le passage de la charrue pour repousses, qui peut être employée également pour le premier labour, le second étant fait avec la Réversible qui creuse des raies d'une profondeur de 0 m. 350.

FUMURE DE LA CANNE

Comme toutes les plantes, la canne à sucre emprunte ses éléments à l'atmosphère par ses feuilles, et au sol par ses racines. Les éléments empruntés à l'atmosphère forment la majeure partie de la matière organique qui est combustible, ceux empuntés au sol forment l'ensemble des matières minérales qui sont incombustibles et forment la cendre. Comme il est impossible à l'homme d'exercer une influence quelconque sur l'action des agents atmosphériques, nous bornerons cette courte étude à l'examen des agents du sol et de la fumure.

Digitized by Google

Parmi les substances minérales absorbées par la plante, il y en a quelques-unes qui sont simplement utiles, et d'autres qui sont indispensables à son développement. Les matières fertilisantes du sol qui doivent le plus attirer l'attention du planteur sont l'*azote*, *l'acide phosphorique*, *la potasse* et, à un degré moindre, la *magnésie*, parce que ces matières ne se trouvent dans le sol qu'en quantités limitées et qu'il est indispensable de les lui restituer pour lui conserver sa fertilité. Cette restitution se fait uniquement par l'épandage des engrais.

En dehors des engrais proprement dits, on distingue encore les amendements (chaux calcinée, plâtre), qui sont des agents fertilisants indirects en ce sens qu'ils contribuent en grande partie à solubiliser les matières organiques et minérales du sol et à les rendre assimilables par la plante. Les aliments naturels de la plante proviennent uniquement de la décomposition des résidus d'origine végétale ou animale et de la solubilisation des minéraux du sol.

Dans les sols très fertiles, acquis depuis peu de temps à la culture par le défrichement, ces aliments naturels se trouvent généralement en quantités importantes et suffisent, par conséquent, pour une longue suite de récoltes. Mais, il arrive un moment où ils deviennent insuffisants pour rémunérer le travail du planteur et il est alors indispensable de les restituer au sol par les engrais.

Dans certains pays tropicaux, on remédie partiellement à l'épuisement des agents fertilisants naturels du sol par l'irrigation ; cette pratique est essentiellement basée sur le pouvoir dissolvant de l'eau pour les matières minérales et sur sa teneur en principes organiques et minéraux empruntés aux terres qu'elle a traversées et en azote emprunté au sol ou à l'atmosphère. La meilleure preuve en est dans l'augmentation des rendements qu'on obtient dans les sols soumis au régime de l'irrigation ; mais, ce moyen est tout à fait insuffisant pour la restitution intégrale des matières fertilisantes exportées par les récoltes.

Pour se faire une idée des quantités de matières fertilisantes enlevées au sol par une récolte de cannes et qu'il est nécessaire de lui restituer, il suffit de se reporter aux tableaux que nous avons donnés plus haut sur la teneur de la canne en matières minérales.

Dans les pays où les feuilles sèches servent à chauffer les générateurs, on devra naturellement tenir compte du manque de cet élément fertilisant pour fumer les terres.

Digitized by Google

ENGRAIS

Les engrais de la canne peuvent être divisés en trois catégories :

Fumier et compost;
Déchets de fabrication du sucre (écumes de défécation, cendres, mélasse);
Engrais chimiques.

Fumiers et compost. — Le fumier de parc, appelé aussi *fumier de paddok* ou engrais d'habitation, devrait être le principal engrais d'une exploitation, l'engrais chimique ne venant que comme complément de celui-ci. Le fumier de parc bien préparé, et formé principalement par les feuilles de cannes vertes et sèches, employées pour la nourriture des animaux, possède en moyenne la compostion suivante (Bonâme) :

	A l'état humide	A l'état sec
Matières minérales	44,2	236,7 pour 1000
dont acide phosphorique	1,9	10,1 »
» Potasse	2,3	12,3 »
» Chaux	3,9	20,9 »
» Soude	0,5	3,2 »
Matières organiques	14,22	76,33 »
dont azote	4,00	21,8 »

A Maurice, les fumiers ont la composition centésimale suivante, d'après Kœnig et Biard :

	Compost (Kœnig)	Engrais de parc (Biard)	Engrais de propriété (Biard)
Humidité	74 à 76	60 à 75	55 à 75
Azote	0,35 à 0,45	0,50 à 0,70	0,30 à 0,40
Acide phosphorique	0,16 à 0,40	0,30 à 0,60	0,15 à 0,50
Potasse	0,09 à 0,12	0,25 à 0,50	0,10 à 0,30
Chaux	1,00 à 1,25	0,75 à 1,50	0,40 à 0,70
Magnésie	»	0,40 à 0,60	0,15 à 0,30
Cendres	»	10 à 15	10 à 25
Matières organiques	»	18 à 25	15 à 20

Pour fixer l'ammoniaque, il est bon de saupoudrer les fumiers de plâtre en poudre et d'y répandre une faible solution d'acide sulfurique. On peut aussi remplacer le plâtre par le phosphate de chaux ou par les scories de déphosphoration.

Compost. — On appelle compost l'engrais préparé avec les déchets provenant des habitations humaines : débris de cuisine, cendres de bois, matières fécales, écumes de sucrerie, résidus de toutes sortes, etc. Ces matières doivent être réunies en tas et mé-

Digitized by Google

langées avec des vinasses de distillerie ou des eaux résiduaires de sucrerie, qui y déterminent la fermentation.

Ecumes de défécation. — Ce produit agit à la fois comme amendement par la chaux qu'il contient à un état de fine division, et comme engrais par sa teneur en principes fertilisants.

Winter a analysé trois échantillons d'écumes de défécation (obtenues sans emploi d'acide carbonique); il a trouvé dans la substance sèche les éléments suivants :

	I	II	III
Azote	1,11	0,43	1,98
Acide phosphorique (P^2O^5)	2,05	4,61	4,62
Chaux	2,37	2,08	—

Prinsen Geerligs de son côté a trouvé dans un échantillon les matières suivantes :

Azote	1,575 %	Cendre	37,70 %
Cire de canne	12,07 »	dont 18,6 de phosphate de chaux = 8,97 P^2O^5	
Fragments de bagasse, humus	32,60 »	Eau	12,79 »

Eu égard à la faible teneur en azote de ce résidu et de sa teneur élevée en matière organique, Prinsen Geerligs conseille de l'employer comme combustible en mélange avec la bagasse. Mais sa teneur en phosphate de chaux en fait un engrais précieux et il vaudrait mieux l'utiliser comme tel.

Aux Indes Occidentales, les écumes de défécation sont souvent données au bétail. Stade donne les analyses de ces sortes d'écumes :

100 parties d'écumes contiennent :

	I	II	III	IV
Sucre	12,00	10,00	6,00	—
Eau	70,00	65,00	60,00	10,04
Cendre	3,00	4,00	6,00	—
Moelle	8,00	12,00	18,00	—
Résidu organique	7,00	9,00	10,00	68,45
Azote	0,40	0,50	0,60	1,91
Acide phosphorique $(PO^4)^2(Ca)^3$	0,80	1,10	1,90	5,49
Chaux $(CaCO)^3$	0,90	1,20	1,80	0,08
Oxyde de fer et d'aluminium	0,20	0,30	0,40	13,89
Acide silicique	0,40	0,50	0,80	—
Potasse	0,03	0,04	0,06	0,15
Soude	0,01	0,01	0,02	—
Magnésie	0,07	0,09	0,15	0,98

I. Ecumes semi-liquides obtenues par précipitation. — II. Ecumes peu compactes résultant de la filtration mécanique. — III. Ecumes très

Digitized by Google

compactes de filtre-presse. — IV. Ecumes séchées provenant d'une usine qui emploie l'acide phosphorique.

On voit que les écumes de défécation contiennent des proportions importantes d'azote et d'acide phosphorique, le premier provenant de l'albumine précipitée par le chauffage, le second étant précipité des jus par la défécation. On ne connaît pas encore exactement la forme sous laquelle se trouve l'azote des écumes, mais il y a lieu d'admettre qu'il s'y trouve dans le même état que dans les tourteaux oléagineux dont il sera question plus loin.

Aux îles Hawaï on pulvérise les tourteaux à la sortie de l'usine et on les répand dans les champs à l'aide du distributeur d'engrais ; c'est là un procédé très recommandable, car les matières fertilisantes exercent leur action d'autant plus rapidement qu'elles sont divisées plus finement.

Mélasse. — La mélasse de canne peut être utilement employée comme engrais. Elle possède une certaine valeur fertilisante, elle contient notamment les sels de potasse qui étaient contenus dans les jus (0,75 à 2 % d'après Prinsen Geerligs) ; en outre, elle contribue à l'ameublissement du sol. Pour faciliter son épandage, on la dilue convenablement et on en arrose les champs à l'aide d'un distributeur analogue à celui dont on se sert pour le purin, puis, lorsque le sol est un peu ramolli par cet arrosage, on lui donne un labour superficiel dans les terres légères, un peu plus profond dans les terres lourdes.

Soltwedel a recommandé l'épandage de la mélasse pour lutter contre les parasites des racines de la canne, et notamment le *Tylenchus sacchari* Soltw., qui sont détruits par les acides produits dans le sol par la mélasse.

La composition et la valeur de la mélasse ont été étudiées par divers auteurs, notamment par Prinsen Geerligs. Nous reproduisons ci-dessous les analyses de 17 mélasses de 15 fabriques différentes ; 14 de ces mélasses provenaient de sucreries travaillant avec des moulins, 1 (n° 14) d'une usine travaillant par diffusion, 4 d'usines travaillant sans défécation des jus épurés par l'acide phosphorique et 2 d'usines employant la carbonatation ; les n°s 12 et 13 sont des égouts, enfin celle du n° 1 était diluée par l'eau de pluie et se trouvait en fermentation.

Digitized by Google

Mélasses de fabriques différentes

Substances	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Eau	42,3	25,4	25,7	23,8	23,8	26,8	23,2	28,0	27,9
Sucre de cannes	5,6	26,3	43,4	29,7	40,4	39,1	36,9	27,2	38,4
Glucose (dextrose et fructose)	39,4	32,3	14.8	32,4	17,8	20,6	26,3	30,0	21,0
Non-sucre organique	9,26	7,90	16,76	9,45	12,9[illegible]	7,97	9,46	10,61	8,56
Cendre	4,58	9,04	5,39	5,79	6,23	6,79	4,97	5,00	5,41
Carbonate de potassium	1,74	1,58	1,64	2,20	2,76	2,66	0,76	1,69	2,27
Sulfate de potassium	0,15	3,27	1,47	1,65	0,80	0,41	0,59	0,47	0,39
Chlorure de potassium	—	—	—	0,74	0,10	—	1,69	1,00	0,74
Chlorure de sodium	0,06	0,25	0,59	0,21	0,49	0,13	0,29	0,19	0,21
Carbonate de chaux	1,30	0,95	0,82	0,40	0,71	0,52	0,97	0,24	0,79
Sulfate de chaux	0,06	0,12	0,11	—	0,35	0,18	—	0,11	—
Carbonate de Magnésie	1,05	0,15	0,30	0,40	0,23	0,45	0,30	0,37	0,12
Phosphate de chaux	0,15	0,21	0,24	0,05	0,40	0,50	0,27	0,38	0,25
Acide silicique	1,07	2,41	0,22	0,14	0,49	1,94	0,20	0,55	1,06

Substances	10	11	12	13	14	15	16	17
Eau	32,9	23,3	28,6	25,9	25,9	17,1	19,1	21,9
Sucre de cannes	34,1	33,8	32,4	39,4	33,3	43,7	35,3	28,5
Glucose (dextrose et fructose)	23,0	14,8	23,0	16,9	15,0	15,8	27,6	20,5
Non-sucre organique	13,73	21,44	11,85	13,79	18,91	18,19	11,23	21,93
Cendre	7,80	8,35	5,20	6,22	8,95	6,50	8,08	8,97
Carbonate de potassium	3,45	3,51	1,50	2,57	2,50	0,75	1,74	2,90
Sulfate de potassium	0,47	0,17	0,65	0,62	0,43	0,72	2,05	0,46
Chlorure de potassium	0,42	0,38	0,95	1,28	0,64	2,30	2,19	0,65
Chlorure de sodium	0,53	0,12	0,18	0,20	0,48	0,31	0,27	0,19
Carbonate de chaux	0,91	1,08	1,05	0,87	2,88	2,07	1,18	3,80
Sulfate de chaux	0,35	0,52	—	0,15	0,05	—	—	0,12
Carbonate de magnésie	0,09	0,25	0,21	0,34	1,75	0,19	0,12	0,25
Phosphate de chaux	0,37	0,83	0,30	0,27	0,42	0,16	0,40	0,15
Acide silicique	1,21	1,49	0,32	0,94	0,20	—	0,13	0,45

La cendre des mélasses contient d'après Richardson :

Potasse	36,23 %
Chaux	12,72 »
Magnésie	11,14 »
Oxyde de fer	2,62 »
Oxyde de cuivre et de manganèse	traces
Chlorure de potassium	1,58 »
Chlorure de sodium	25,87 »
Acide sulfurique	7,91 »
Acide silicique	1,93 »

J. Browne (1912) a fait un certain nombre d'analyses pour se rendre compte de la valeur fertilisante des mélasses. Il a obtenu les chiffres suivants :

Digitized by Google

Cendres de Mélasses provenant de :

	Moulins sulfitation %	Diffusion sulfitation %	Chaudière ouverte %	Carbonatation %
Potasse	49,48	52,20	51,48	50,16
Soude	0,89	0,80	1,11	0,32
Chaux	6,47	6,78	6,58	8,53
Magnésie	4,29	3,09	3,99	2,66
Oxyde de fer	0,35	0,33	0,15	0,47
Alumine	0,30	0,22	0,13	0,30
Silice	4,12	4,59	2,83	4,10
Acide phosphorique	3,71	3,80	2,12	0,91
Acide sulfurique	10,79	6,72	10,94	11,18
Acide carbonique	7,49	11,19	13,06	15,78
Chlore	14,00	11,95	9,10	4,59
Total	101,89	101,67	101,49	99,00
En déduisant l'Oxygène	3,16	2,70	2,05	1,04
On a	98,73	98,97	99,44	97,96
Non dosé (carbone, etc.)	1,27	1,03	0,56	2,04
	100,00	100,00	100,00	100,00
Alcalinité (cm³ d'acide décinormal par gramme de cendre)	80	93	95	109

Les cendres des fabriques de sucre, provenant de la combustion de la houille, du bois, de la bagasse, des feuilles de cannes, etc., possèdent une valeur fertilisante variable suivant le degré d'achèvement de la combustion et la proportion d'impuretés qu'elles contiennent. Comme leur épandage est peu coûteux, il sera toujours bon de les restituer au sol, même dans les cas où momentanément on n'en tirerait aucun bénéfice, afin d'obvier à l'épuisement des matières minérales.

D'après Prinsen Geerligs, la canne à sucre donne 12 % de bagasse complètement sèche à 4 % de cendre, ce qui pour une récolte de 60.000 kg. de cannes fait 7.200 kg. de bagasse sèche contenant 288 kg. de cendre.

Les *feuilles sèches* de la canne et de la bagasse ne possèdent que peu de valeur comme engrais; mais elles fournissent au sol de la matière organique et, d'un autre côté, elles le protègent contre l'évaporation de l'humidité.

Digitized by Google

ENGRAIS CHIMIQUES (1)

A. — ENGRAIS AZOTÉS

Sulfate d'ammoniaque. — Cet engrais contient 20 % d'azote.

Nitrate de soude. — A l'état pur, il contient 16,5 % d'azote ; tel qu'on le trouve dans le commerce il contient environ 4 % d'impureté désignées sous le terme collectif de réfaction.

Nitrate de potasse. — Il contient à l'état pur 13,8 % d'azote et 46,5 % de potasse. On l'emploie rarement comme engrais, eu égard à son prix élevé. On s'en sert parfois à Maurice et en Egypte.

Guano. — Les anciens gisements de guano étant épuisés, tous ceux qui se trouvent actuellement dans le commerce sont d'origine récente. Leur composition est très variable ; certains lots contiennent jusqu'à 30 % d'azote. Ces guanos paraissent être plus solubles que ceux de formation ancienne.

Cyanamide. — C'est un composé synthétique de chaux et d'azote de la formule $CaON^2$. Il contient environ 20 % d'azote. Son épandage présente des difficultés et est dangereux pour la santé des ouvriers.

Nitrate de chaux. — C'est un nitrate basique dont la composition répond à la formule $Ca(OH)NO^2$. Il contient 12 % d'azote.

Sang desséché. — Il contient 10 à 16 % d'azote et ne se décompose que lentement dans le sol.

Guano de poisson. — Il a une composition très variable et contient environ 5 à 8 % d'azote et 5 à 7 % d'acide phosphorique.

B. — ENGRAIS PHOSPHATÉS

Superphosphates minéraux. — On les obtient en traitant les phosphates minéraux bruts par l'acide sulfurique ; ils contiennent de 16 à 20 % d'acide phosphorique soluble dans l'eau. Les superphosphates doubles en contiennent jusqu'à 40 et 50 %.

Superphosphate d'os. — On l'obtient en traitant par l'acide sulfurique les os dégraissés et étuvés. Il contient en moyenne 3 à 4 % d'azote et 15 à 17 % d'acide phosphorique soluble.

Phosphate de chaux précipité (bibasique). — C'est un sous-produit de la fabrication de la gélatine. Il contient environ 60 % de phosphate de chaux, 2 % de phosphate de magnésie et 5 % de phosphate d'oxyde de

(1) Voir J. Fritsch. — *Fabrication des engrais chimiques*, 1 vol. in-8, 543 p. Paris, 1909, et *The manufacture of chemical Manures*, éd. angl. du même ouvrage, trad. par Donald Grant. London, 1912.

Digitized by Google

fer, soit ensemble 38 % d'acide phosphorique environ. Cet engrais devient rapidement soluble dans le sol.

Scories de déphosphoration. — Elles contiennent de 15 à 20 % d'acide phosphorique soluble dans une solution de citrate d'ammoniaque et 40 à 50 % de chaux à l'état libre. On y a trouvé, en outre, de petites doses d'engrais dits catalytiques.

Poudre d'os dégraissés. — Elle contient de 4 à 6 % d'azote et 21 à 30 % d'acide phosphorique, suivant qualité. Elle est vendue à divers degrés de finesse : plus elle est fine, plus rapidement ses éléments deviennent assimilables par les plantes ; malgré cela, sa décomposition dans le sol est toujours un peu lente.

Phosphates minéraux bruts. — Ils contiennent l'acide phosphorique à l'état insoluble. Leur décomposition dans le sol est excessivement lente et leur emploi n'est pas à recommander dans la culture de la canne.

C. — ENGRAIS POTASSIQUES

L'engrais potassique employé dans la culture de la canne est le sulfate de potassium à 48 % de potasse ; on emploie également le chlorure de potassium, quoique plus rarement. L'emploi des engrais potassiques bruts (kaïnite, sylvinite, etc.) doit être absolument évité dans la culture des plantes saccharines par suite de leur teneur élevée en chlore qui est nuisible à la végétation et a pour effet de dépouiller rapidement le sol de son calcaire.

D. — ENGRAIS ORGANIQUES

Tourteaux oléagineux. — Comme leur nom l'indique, ce sont des résidus de la fabrication de l'huile. Les plus employés sont ceux de coton, de ricin, de coco et d'arachide. Leur composition, variable suivant leur provenance, nous est montrée par les analyses suivantes.

	Azote	Acide phosphorique
Tourteaux de coton	4,50	1,58
» ricin	4,50	1,50
» arachide	6,50	1,33
» de coco	3,62	—
» soja	6,12	—

Les tourteaux de coton sont beaucoup employés en Louisiane. A Maurice et à Java on se sert d'engrais organiques de même genre.

Digitized by Google

Engrais verts. — L'emploi des engrais verts est assez connu pour qu'il soit inutile d'en donner de longues explications. On peut diviser les plantes culturales en deux catégories, savoir : en plantes collectrices d'azote, c'est-à-dire en plantes qui possèdent le pouvoir de puiser dans l'air atmosphérique l'azote qui leur est nécessaire et d'augmenter ainsi le capital azote du sol où elles végètent; et en plantes qui dévorent l'azote, c'est-à-dire qui ne possèdent pas la propriété d'utiliser l'azote de l'air et qui sont, par conséquent, obligées de puiser dans le sol ou dans la fumure tout l'azote nécessaire à leur développement.

Cette découverte, due à Hellriegel, a une grande importance pratique et l'agriculture a le plus grand intérêt à en tirer parti.

Les plantes qui fixent l'azote de l'air sont les légumineuses (pois, vesces, lupins, trèfles, serradelle, etc.). On les cultive soit comme plantes principales, soit le plus souvent en culture dérobée, entre la récolte principale et la récolte suivante. On s'efforce d'obtenir des rendements aussi élevés que possible en plantes vertes (20.000 à 55.000 kg. à l'hectare, représentant 100 à 300 kg. d'azote) ; à cet effet on emploie des quantités de semence beaucoup plus grandes que dans la culture ordinaire. Lorsque les plantes sont sur le point de fleurir, ce qui arrive au baut de 2-3 mois, on les enfouit à la charrue à une profondeur de 15-20 cm. Pour faciliter l'enfouissement, on fait précéder ce travail d'un roulage qui couche et tasse les plantes contre le sol, puis la charrue prend la même direction que le rouleau. On peut encore faucher les plantes et les ramener dans la raie creusée par la charrue.

La culture des légumineuses donnera d'excellents résultats, à la condition toutefois que ces plantes trouvent dans le sol une humidité suffisante à leur développement.

A Maurice, on emploie comme engrais verts quatre plantes principales, qui sont :

Le pois d'Achéry (*Phaséolus lunatus*) ;
Le pois Mascatte (*Mucuna puriens var. utilis*) ;
Le pois pigeon (*Cajanus indicus*) ;
L'indigo sauvage (*Tephrosia candida*).

A Java on cultive comme engrais verts toute une série de légumineuses, parmi lesquelles le Turi (*Agati grandiflora*) se distingue tout

Digitized by Google

particulièrement par le développement des nodules. Il y a lieu de citer ensuite le *Cajanus indicus* (gudeh), la *Sesbania ægyptiaca* (djanti), les Erythrines, le *Tamarus indica*, l'*Arachis hypogœa* (arachide), certains *Phaséolus*, le *Soja hispida*, l'indigo sauvage.

Van Lokeren Campagne a fait des essais avec la fève Soja. Semée dans le chaume du riz, elle est arrivée à la floraison au bout de 40-50 jours et fut enterrée dans les billons que l'on creusait pour la plantation de la canne. Les plantes avaient à ce moment la composition suivante : humidité 81,8 %, azote 0,57 %, acide phosphorique 0,14 %, potasse 0,49 %, cendre 2,0 %. Le rendement fut de 45.000 kg. à l'hectare.

Wakker s'est servi des trois plantes ci-dessus désignées, qui lui semblaient particulièrement appropriées aux conditions de la culture javanaise. A cet effet, il sema les graines, préalablement trempées pendant 24 heures, dans les raies creusées d'après le système de Reynoso. Le rendement des cannes plantées sur ces engrais verts fut beaucoup plus élevé que celui obtenu sur fumier de ferme combiné avec le sulfate d'ammoniaque.

Dans certains districts, notamment à Maurice, on a la mauvaise habitude de mettre le feu aux engrais verts pour en débarrasser le terrain au profit de la canne à sucre, sans se douter qu'on détruit ainsi l'azote et qu'on se prive du principal bénéfice de la culture des plantes fixatrices d'azote.

A Hawaï l'usage des engrais verts est très répandu. On sème le pois de Bengale ou de Mascatte (*Mucuna atropurpurea*) et le lupin blanc, qu'on enfouit ensuite comme engrais vert.

Quand on veut employer les engrais verts, spécialement le lupin et l'arachide, il convient de semer en même temps que les graines de ces plantes, l'engrais minéral destiné à la canne qui doit suivre et une petite portion d'engrais azoté, pour faciliter le développement du germe jusqu'à la formation des premières feuilles. De cette façon l'engrais minéral est absorbé par les légumineuses et contribue à leur développement. Après enfouissement des plantes vertes, elles se décomposent rapidement dans le sol : l'engrais minéral est dès lors restitué à un état de division extrême qui facilite son absorption par les racines de la canne. Celle-ci une fois plantée, on n'a plus à ajouter que le complément d'engrais azoté. L'enfouissement des engrais verts donne des résultats remarquables.

Digitized by Google

CHOIX DES ENGRAIS

Engrais azotés. — C'est une règle acceptée à peu près partout chez les planteurs que le sulfate d'ammoniaque est le meilleur engrais azoté pour les sols riches en carbonate de chaux, qui, par conséquent, réunissent les conditions les plus favorables à la nitrification de l'ammoniaque. D'un autre côté, on considère que pour les terres acides ou pauvres en calcaire, c'est le nitrate de soude qui mérite la préférence. Cependant, l'idée que la nitrification est indispensable pour l'assimilation de l'ammoniaque par les plantes doit être définitivement abandonnée, depuis qu'il a été prouvé par toute une série d'expériences faites tant en Allemagne qu'en Amérique, que l'ammoniaque peut être absorbée directement par les plantes.

L'application prolongée des sels d'ammoniaque à certains sols présente l'inconvénient d'y accumuler de l'acide sulfurique et de les rendre stériles, ainsi qu'on l'a observé à la station expérimentale de Woburn pour des terres légères, sablonneuses. Le nitrate de soude, de son côté, a pour effet d'encrouter fortement le sol et d'entraver l'exécution des façons culturales.

Quoi qu'il en soit, les deux engrais ont leurs partisans. L'emploi prolongé du sulfate d'ammoniaque a donné de bons résultats dans les terres argileuses lourdes de la Guyane anglaise, grâce sans doute à la réaction alcaline des eaux du sous-sol. A Java également, le sulfate d'ammoniaque constitue le principal engrais azoté. Aux îles Hawaï, on emploie de préférence le nitrate de soude comme stimulant de la végétation, quoique le sulfate d'ammoniaque y soit aussi en grande estime. En Egypte et à Maurice les nitrates sont d'un usage général. A la Louisiane les engrais organiques sont à peu près les seules sources de l'azote, grâce sans doute à la culture intensive du coton qui, on le sait, laisse d'énormes quantités de résidus azotés.

M. Bonâme pour étudier l'action des engrais azotés a fait toute une série d'expériences qui s'étendent de 1894 à 1909. Il a employé l'azote sous ses trois formes : sang desséché, sulfate d'ammoniaque et nitrate de soude; l'azote ammoniacal occupe toujours le premier rang, l'azote nitrique le second et l'azote organique le troisième.

La canne a été très sensible à la privation d'engrais phosphaté, un peu moins à celle de la potasse et nullement à celle de l'azote. En

Digitized by Google

augmentant les trois engrais d'un tiers à tour de rôle, on n'a constaté aucune différence entre les parcelles sans azote et celles avec un tiers de plus d'azote que dans l'engrais ordinaire. Les résultats de ces expériences sont consignés dans le tableau suivant :

Résultats d'expériences de M. Bondme sur les engrais dans la culture de la canne

	Jeunes cannes	1re repousse	2e repousse	3e repousse	Moyenne
Engrais complet . . .	150	177	211	150	176
Sans engrais.	100	100	100	100	100
Engrais complet . . .	100	100	100	100	100
Sans azote.	104	102	102	98	102
Sans potasse	88	89	73	62	82
Sans acide phosphorique	68	62	55	68	62
Azote ammoniacal. . .	97	97	97	97	97
Azote organique . . .	89	97	91	89	91
Azote nitrique	92	98	94	95	94
Superphosphate. . . .	95	77	95	93	95
Guano phosphaté . . .	103	102	101	95	100
Phosphate précipité . .	100	104	108	109	104
Scories.	101	100	101	104	101

Il ressort de ces chiffres que l'engrais donné à la canne à sucre à ses différents âges, jeunes cannes, 1re, 2e et 3e repousses, donne chaque fois un bénéfice qui est plus élevé à la 1re repousse que pour la jeune canne, et à la 2e repousse qu'à la 1re ; l'effet est moindre à la 3e année parce que la souche est épuisée par l'âge.

Engrais potassiques. — Les planteurs ont reconnu que l'emploi de la potasse ne donne pas toujours des résultats satisfaisants ; il ne faut pas en conclure qu'elle n'exerce pas d'action sur les rendements de la canne ; celle-ci, au contraire, paraît en avoir grand besoin si l'on en juge par la composition de ses cendres. Ce qui empêche la potasse de produire tous ses effets, c'est le manque de chaux dans le sol. Comme le constate M. Eckart, la chaux est indispensable à l'emploi de la potasse, si l'on veut que celle-ci soit avantageuse ; on devra donc l'augmenter dans les sols où elle est en faible quantité avant l'addition des sels potassiques. Lorsque la chaux du sol est insuffisante, la potasse non seulement ne profite pas à la canne, mais lui est même nuisible. Quand un sel potassique, comme le chlorure

Digitized by Google

ou le sulfate de potassium est incorporé au sol, il se décompose rapidement, les racines de la canne s'emparent alors d'une plus grande partie de la base (potasse) que de l'acide. Il s'ensuit que l'acide s'accumule dans le sol au contact immédiat des racines de la plante. Si cet acide, au fur et à mesure de sa mise en liberté, n'est pas neutralisé par une base convenable (la chaux), il peut en résulter un dommage considérable pour la plante. La terre bien pourvue en chaux peut donc recevoir un apport plus grand de potasse que celle qui en contient peu. Il en sera de même pour les autres engrais complets.

On ne doit donc pas forcer la potasse sans se rendre un compte exact de la teneur du sol en chaux. Il est évident que dans les sols à réaction acide provenant de la décomposition d'une grande quantité de matières organiques, la chaux ou d'autres bases similaires sont en quantité insuffisante pour neutraliser les acides organiques. On ne peut donner à ces sols qu'une faible quantité de potasse et seulement après les avoir amendés par le chaulage.

Acide sulfurique. — Si l'acide sulfurique en excès est nuisible aux plantes, son absence est aussi préjudiciable à la venue de la canne. Les rapports de M. Bonâme de 1896 à 1901 sur la composition de diverses variétés de cannes ne font que confirmer la justesse de cette manière de voir [1]. Le soufre étant indispensable à la formation des matières albuminoïdes, il était tout naturel de penser qu'il y avait lieu de se préoccuper de sa présence dans les mélanges fertilisants.

D'autre part, Prinsen Geerligs a étudié la composition des cendres de mélasses recueillies en divers pays et provenant de cannes qui avaient été cultivées dans des sols renfermant du chlorure de sodium. Ses analyses sont rapportées dans le tableau de la page 398.

On voit que pour ces 10 analyses de mélasses la moyenne du rapport entre la soude et la potasse est de 6,63, ce qui concorde absolument avec les résultats trouvés antérieurement par M. H. Pellet [2]. La soude du nitrate de soude ne paraît pas influer sensiblement sur la teneur en soude de la canne ; celle-ci a une prédilection pour la potasse. Des essais de Vanderfagt il résulte que si la potasse est donnée à la canne sous forme de chlorure de potassium, la potasse augmente dans les cendres ; si on donne du chlorure de

(1) Composition des diverses variétés de cannes. Rapport de 1896.
(2) H. Pellet. — *Bull. Ass.*, t. XV, p. 1131.

Digitized by Google

sodium, on constate également une augmentation de ce sel dans les cendres, mais dans une proportion beaucoup plus faible. De même si l'on ajoute de la magnésie et de la chaux sous forme de chlorure, on augmente la proportion de ces bases dans la canne.

Lorsque la plante n'a pas à sa disposition la quantité de potasse exigée, elle languit, elle absorbe de la chaux, de la magnésie et enfin de la soude. Mais au bout d'un certain temps la végétation s'arrête et la plante n'acquiert pas son développement normal.

Composition des Cendres de Mélasses provenant de Cannes ayant été cultivées dans des sols renfermant du chlorure de sodium (Prinsen-Geerligs).

	Etat de Calédonie province de Wellesly		Kali Woenggoe Kendal	Plantations Port-Mourant Nickerié	Poliangsan Koeloes	Hawaï		Demerara	Byram Estate Wellesley 1904	Maurice
	1899	1895				A	B			
Cendres	6,22	7,82	9,11	11,04	9,28	12,31	12,78	7,58	6,80	8,00
Cendres solubles	4,36	5,00	6,11	8,04	6,48	7.85	7,83	6,19	4,70	5,10
Cendres insolubles	1,86	2,82	3,00	3,00	2,80	4,46	4,95	1,39	2,10	2,90
Silice	0,55	0,28	0,08	0,25	0,08	0,34	0,44	0,11	0,17	0,15
Peroxyde de fer, alumine, etc	0,73	0,66	1,12	0,75	0,65	0,31	0,52	0,08	0,13	0,15
Chaux	0,25	0,87	»	0,56	1,14	1,50	1,51	0,44	0,26	1,08
Magnésie	0,07	0,25	0,85	0,43	0,19	0,42	0,60	0,32	0,18	0,88
Acide sulfurique	0,83	0,87	1,10	1,45	0,30	1,06	1,08	0,98	0,50	1,23
Chlore	1,02	1,35	3,74	1,96	1,08	2,48	2,48	1,47	1,32	1,30
Potasse	2,99	2,72	0,74	5,01	3,88	4,59	4,61	3,88	2,84	2,60
Soude	0,16	0,19	0,23	0,20	0,19	0,31	0,35	0,26	0,15	0,32
Rapport de la soude à 100 de potasse	5,33	6,98	6,15	4,00	4,89	6,75	7,54	6,70	5,27	12,68

On ne s'en préoccupe guère dans l'établissement des formules d'engrais, parce que les engrais composés du commerce en renferment presque toujours des quantités plus ou moins grandes.

Quoi qu'il en soit, on ignore encore exactement le rôle du soufre dans la végétation, et il nous semble tout au moins hasardé de lui attribuer une importance égale à celle de l'acide phosphorique. Indépendamment de son rôle physiologique qui est assez faible, l'acide sulfurique est surtout un agent de désagrégation et de mobilisation des matières minérales du sol, et à ce titre il mérite assurément qu'on s'en occupe.

Engrais phosphatés. — Le meilleur engrais phosphaté est incon-

Digitized by Google

testablement le superphosphate : il convient à toutes les plantes et à tous les sols, excepté aux terres trop plastiques et aux terres où prédomine l'humus. Dans ces dernières, les scories Thomas finement broyées donneront les meilleurs résultats, Contrairement à une opinion encore assez répandue, l'acide phosphorique des superphosphates ne devient pas insoluble dans le sol ; il forme en réalité des combinaisons très instables qui le tiennent incessamment à la disposition des plantes, tout en l'empêchant de se perdre dans les profondeurs du sol.

A l'île Maurice on emploie beaucoup, depuis quelques années, du guano brut importé des Seychelles.

M. Bonâme a reconnu, par des recherches originales et délicates, que l'acide phosphorique de ce guano se dissolvait dans la proportion d'au moins 50 °/₀ dans une solution d'acide citrique très faible, 1, 50 °/₀ représentant en moyenne l'acidité des racines.

Le guano des Seychelles est sans doute de formation récente, ce qui expliquerait sa solubilité, car on sait pertinemment que les guanos des anciennes formations sont très peu solubles, ce qui a motivé la création de vastes usines en Europe pour le traitement de ces engrais par l'acide sulfurique.

Quantité d'acide phosphorique nécessaire à la formation de 100 kg. de saccharose dans la canne. — La conclusion tirée par M. Pellet de ses recherches sur la quantité d'acide phosphorique nécessaire à la formation de 100 kg. de sucre dans la betterave est également applicable à la canne à sucre. M. J. Rouff, chimiste à la Martinique, ayant remarqué dans la canne à sucre un certain rapport entre l'acide phosphorique renfermé dans le végétal complet et la richesse saccharine, a fait des recherches dans ce sens, et il a trouvé qu'il fallait au total de 0 kg. 7 à 0 kg. 8 d'acide phosphorique pour la formation de 100 kg. de sucre dans la canne.

En Egypte, MM. Mackensie et Foaden ont analysé des cannes et ont trouvé pour le végétal complet, par feddan (4.200 m²) :

Acide phosphorique dans la canne	20 kg.
» » » feuille	24 »
Acide phosphorique total	44 kg.

pour une récolte de 40.000 kg. de cannes. Celle-ci contenait en moyenne 13 °/₀ de sucre, soit 5.200 kg. de sucre ou 0 kg. 84 d'acide phosphorique °/₀ kg. de sucre. De nouvelles recherches faites

Digitized by Google

sur les betteraves d'Egypte ont pleinement confirmé la justesse de cette manière de voir [1].

Rappelons en terminant que les engrais phosphatés donnent toujours de meilleurs résultats quand on les associe avec des engrais azotés et potassiques en proportions convenables.

Magnésie. — Une question intéressante et jusqu'à un certain point nouvelle dans la culture de la canne à sucre est celle de la magnésie. Cet agent fertilisant, négligé jusqu'alors, a fini par attirer l'attention des agronomes qui, maintenant, lui reconnaissent une certaine importance, sans se rendre un compte bien exact de son rôle physiologique dans la plante. Quoi qu'il en soit, l'expérience montre que la magnésie doit toujours être associée à la chaux en proportion déterminée. Dans ses expériences sur la culture du riz et d'autres plantes à grand développement foliacé, Low a remarqué que la chaux doit être de 1,5 à 2 par rapport à la magnésie. En l'absence de toute expérience directe pour la canne, il y a peut-être lieu de lui appliquer la même règle. Ce qui est certain d'après les expériences d'Eckart, c'est qu'un excès de magnésie par rapport à la chaux est nuisible à la végétation de la canne.

Tout récemment Low est allé plus avant dans cette voie à Porto-Rico en ce qui concerne la culture de la canne. Il a remarqué que les sols de cette île sont très riches en magnésie. Il cite le cas d'une terre acide, fortement encroutée, contenant un excès de magnésie par rapport à la chaux, où l'épandage de 1.500 kg. de chaux par acre a donné une augmentation de 57 % du rendement de la canne. Et il conclut : « Le rapport le plus favorable de la chaux à la magnésie dans le sol pour la canne à sucre semble être de 2 : 1, en supposant que les deux éléments soient à un même degré de solubilité ». Cette théorie cependant ne paraît pas être acceptée par tous les agronomes. Il sera intéressant de suivre les études qui pourront être publiées sur ce sujet.

Chaux. — C'est au moment où a lieu le défoncement du sol qu'on pratique le chaulage. La chaux, distribuée par un temps calme, est incorporée au sol par les labours successifs. Elle modifie alors d'une manière plus uniforme la couche de terre où se développera ensuite la plante. Le procédé consistant à déposer une poignée de chaux dans

[1] H. Pellet. — *Bull. Ass.*, t. XVI, p. 970.

Digitized by Google

des trous de plantation des cannes est nuisible à la végétation, ainsi que l'ont montré les expériences de M. Crochetelle à Lézardeau l'alcalinité brusque et trop forte obligeant alors les racines à utiliser leur acidité pour combattre l'alcalinité plutôt qu'à absorber les éléments utiles.

La chaux a surtout pour but de corriger l'acidité de certaines terres, de favoriser la nitrification de l'azote du sol et d'assurer les bons effets des sels potassiques, surtout du sulfate de potasse qui se transforme en carbonate de potasse et en sulfate de chaux. La plus ou moins grande richesse du sol en matières organiques et son état d'acidité servent d'indication pour les quantités de chaux à employer. L'emploi des engrais chimiques, tels que le nitrate de soude et surtout les sels de potasse, a pour effet d'appauvrir les sols en chaux, ainsi que l'ont montré les expériences de M. Eckart avec le lysimètre et de M. Brioux. Aussi, le chaulage est tout indiqué pour les terres qui reçoivent des engrais minéraux. La quantité de chaux employée varie suivant la nature du sol, de 2.000 à 5.000 kg. par hectare tous les cinq ans.

Comme conclusion à ce qui précède, rappelons les conditions formulées par le Prof. Harrison pour l'emploi des engrais dans les plantations de cannes. Ces conditions peuvent être énoncées comme suit :

1° Les terres qui cèdent 0,007 % d'anhydride phosphorique à une solution d'acide citrique à 1 % par une agitation continue pendant 5 heures ne rémunèrent généralement pas les engrais phosphatés.

2° Les terres qui dans les mêmes conditions en cèdent 0,005 à 0,007 % ne pourront que profiter d'un apport d'engrais phosphatés.

3° Il est bon de donner des engrais phosphatés à forte dose (scories Thomas ou superphosphates) aux terres qui cèdent moins de 0,005 % d'anhydride phosphorique.

4° Les terres qui cèdent 0,008 % de potasse peuvent être considérées comme contenant une quantité suffisante de ce sel pour les besoins de la canne.

5° Si la teneur en potasse d'une terre est comprise entre 0,005 et 0,008 % il est douteux qu'un apport d'engrais potassique soit rémunérateur.

6° Lorsque la teneur d'une terre en potasse descend au-dessous de 5 ‰ il est bon de lui donner des engrais potassiques.

7° La canne n'exige que peu de chaux pour sa végétation, et si une terre cède plus de 0,006 % de sel à une solution d'acide citrique à 1 % elle contient assez de chaux pour la culture de la canne.

Digitized by Google

Nécessité d'associer de la matière organique aux éléments minéraux. — L'expérience a conduit à préciser les principes dans lesquels il faut se renfermer pour assurer à la canne une alimentation convenable. Mais en descendant de la théorie à la pratique, nous trouverons encore d'importantes observations à faire sur la nécessité d'associer toujours intimement le fumier aux engrais chimiques. En effet, l'association du fumier aux engrais minéraux est indispensable pour former la matière noire ou humus.

Grandeau a démontré par des expériences décisives :

1° Que la nutrition minérale des végétaux ne se fait que par l'intermédiaire des matières organiques renfermées dans les sols.

2° Que la matière organique, tout en étant le véhicule des substances nutritives minérales des végétaux, n'est point par elle-même un aliment, n'étant pas absorbée par les racines; elle ne produit qu'un effet de présence et finit par disparaître à la longue par l'effet d'une lente combustion.

3° Qu'on peut détruire la fertilité de la terre en lui enlevant son humus et sa matière noire et, réciproquement, rendre fertiles des sols stériles riches en matières minérales, en leur apportant les matières organiques qui leur manquent.

4° D'où il résulte que toute culture continue, faite à l'aide du seul emploi des engrais minéraux doit conduire à la stérilité de la terre. Dès que la matière organique a disparu, les engrais minéraux restent sans efficacité.

5° Dans une autre sens, le fumier ne contenant que des proportions insuffisantes de sels minéraux, et les matières organiques qui le composent étant par elles-mêmes infertiles, il en résulte qu'une culture continue, faite avec le seul secours du fumier, aboutirait à l'épuisement progressif des matières minérales du sol.

6° Toute culture raisonnée devra donc s'appuyer sur la *combinaison du fumier avec les engrais chimiques*, dans le but de permettre la formation de la matière noire. Pour la culture de la canne, qui dure plusieurs années, l'approvisionnement des matières organiques devra être faite au moyen d'un apport suffisant de fumier pour constituer la réserve d'humus nécessaire pour les 2e et 3e années. Ces considérations sur le rôle de l'humus dans les sols s'appliquent principalement aux sols de la Réunion et de Maurice, dont la majeure partie est devenue stérile à la suite de cultures de cannes faites sans engrais et sans assolement pendant de longues années. Que de temps, d'argent et d'engrais il faudrait aujourd'hui pour le reconstituer !

Digitized by Google

Mode d'application des engrais. — Le fumier de parc et le compost doivent être réservés aux cannes plantées ; on réserve les engrais chimiques pour les rejetons. D'après Bonâme, les engrais pour rejetons doivent surtout contenir de l'azote et de la potasse, mais relativement peu d'acide phosphorique qui, plus lent à s'assimiler, devra être mis principalement dans l'engrais de plantation. A la Guadeloupe, on fume les terres à raison de 70 à 75.000 kg. à l'hectare.

Lorsqu'on emploie les engrais chimiques pour les cannes plantées, on les répand à la volée ou au semoir, puis on donne un léger labour pour les enfouir afin qu'ils ne perdent pas de leur valeur fertilisante sous l'influence du soleil et des pluies ; quelquefois on les place au fond du sillon, on les enfouit dans les dérayures latérales ouvertes par la charrue. A Maurice, à la Réunion et dans tous les pays où l'on cultive à la *trouaison*, le fumier ou l'engrais chimique sont mis à la main.

Le nitrate de soude et le nitrate de chaux, étant très solubles et non fixés par le sol, sont employés comme engrais de couverture.

Le sulfate d'ammoniaque peut être également employé comme engrais de couverture : mais, comme l'ammoniaque est très volatile, il est préférable d'incorporer cet engrais au sol dans les façons préparatoires.

Les engrais organiques (tourteaux, sang desséché et engrais de poissons) sont lents à se décomposer et exigent le concours des organismes du sol ; c'est pourquoi on les enfouit dans la couche arable avant la plantation.

La cyanamide doit être épandue avant la plantation et enterrée de quelques centimètres ; elle est d'ailleurs nuisible à la germination des graines.

Les engrais phosphatés doivent être appliqués au moment des façons culturales et incorporés à la couche arable.

La potasse est fixée par les silicates du sol ; elle doit être enterrée au moment des façons préparatoires.

Pratique des engrais dans les différentes contrées. — A Java, le seul engrais chimique employé est le sulfate d'ammoniaque, le sol de cette contrée étant largement pourvu de potasse et d'acide phosphorique. En outre, l'irrigation apporte au sol du limon riche en matières minérales ; celles-ci cependant ne sauraient suffire pour une restitution complète des éléments fertilisants exportés par les récoltes,

Digitized by Google

et il arrivera un moment où cette restitution par les engrais chimiques, potasse et acide phosphorique, deviendra une nécessité.

A Demerara le sol est généralement très riche en potasse et même en acide phosphorique. Les seuls engrais employés sont le sulfate d'ammoniaque et, dans certains districts, les scories de déphosphoration.

A Hawaï, où les récoltes de cannes sont les plus abondantes, on emploie d'énormes quantités d'engrais chimiques : sulfate d'ammoniaque, nitrate de soude, potasse et acide phosphorique.

L'application des engrais chimiques a lieu en plusieurs fois malgré la cherté de la main-d'œuvre, car les planteurs ont reconnu depuis longtemps les avantages que présente cette manière de faire. M. I. Gibb a donné à ce sujet, en 1905, des chiffres intéressants rapportés par A. de Villèle. Un champ qui avait reçu 181 kg. d'engrais à la plantation et le reste plus tard donna 34.200 kg. à l'arpent, tandis que le champ qui avait reçu tout l'engrais en une seule fois ne produisit que 28,356 kg., soit une différence de 19 %. Les autres applications d'engrais ont lieu aux premier et second sarclage. Quant aux rejetons, on donne une partie des engrais dès que la canne a été coupée, et une partie 5 ou 6 mois après.

Dans les terres irriguées, le nitrate de soude est appliqué en dehors de l'engrais composé, à titrage élevé ; il est mis dans une barrique défoncée d'un côté et placée au-dessus du canal d'irrigation. On le fait dissoudre dans de l'eau dont la barrique s'emplit et qui s'écoule par une petite ouverture pratiquée à la partie inférieure d'une des douves. La quantité de nitrate employée est de 140 kg. 88 par arpent. Les hommes chargés de cette opération règlent avec la plus grande facilité l'écoulement de la dissolution en tenant compte de la vitesse de l'eau et du temps nécessaire pour irriguer une surface donnée. L'engrais donné ainsi en dissolution dans l'eau d'arrosage agit d'une manière rapide, ce que l'on reconnaît à l'uniformité du feuillage vert des cannes au bout de quelque temps.

Lorsque les mélasses sont employées comme engrais, on ne les incorpore pas au sol avant le labour comme dans d'autres régions, mais on les répand dans les canaux d'irrigation où elles sont diluées.

A Maurice et à Bourbon, où les charrois se font à peu près exclusivement par traction animale, on emploie de grandes quantités de fumier de ferme, associé le plus souvent avec les engrais chimiques.

Digitized by Google

A la Louisiane, où le sol est riche en potasse, le seul engrais chimique employé est le superphosphate. L'azote est fourni au sol sous forme de déchets d'huilerie de coton.

En Egypte, l'azote est fourni à la canne sous forme de nitrate de soude après l'irrigation par les eaux du Nil, dont les limons fertilisants peuvent suppléer jusqu'à un certain point aux autres engrais.

Aux Barbades et dans les autres îles anglaises des Indes Occidentales, le fumier de ferme constitue le principal engrais de la canne.

IRRIGATION DE LA CANNE

L'eau est la vie des plantes. Elle leur est nécessaire comme véhicule des substances nutritives à travers les organes, comme élément des matières organiques et enfin comme dissolvant dans les transformations chimiques qui s'accomplissent dans le végétal. Les plantes de culture exigent d'autant plus d'eau qu'elles sont appelées à prendre un développement plus grand, et à ce point de vue la canne occupe sans conteste le premier rang. Si, pour produire 1 gr. de substance sèche, les légumineuses exigent 280 à 310 gr. d'eau et les céréales de 320 à 380 gr. d'après Hellriegel, qui nous dira les énormes quantités d'eau qu'exige un hectare de cannes ?

Aussi, malgré l'importance des chutes d'eau dans la plupart des régions tropicales et subtropicales, elles sont insuffisantes pour les plantations de cannes, dont une grande partie a besoin d'être irriguée périodiquement. Ainsi, l'irrigation constitue un facteur très important aux îles Hawaï, à Java, en Egypte, dans l'Inde, au Pérou, à l'île Maurice, Porto-Rico, etc. Aux îles Hawaï, les planteurs possèdent eux-mêmes leurs canaux et fournissent l'eau nécessaire ; partout ailleurs l'irrigation est faite et contrôlée par l'Etat. Nous n'avons pas la prétention de traiter à fond ce sujet, qui fait l'objet d'ouvrages spéciaux ; nous nous contenterons de donner quelques renseignements sur ce qui se pratique aux îles Hawaï (1).

Dans ces îles, des travaux considérables ont été exécutés pour l'irrigation des champs de canne à sucre ; ils consistent soit à amener sur les plantations au moyen de canaux l'eau de certains ruisseaux, parfois très éloignés, soit à élever l'eau des nappes souterraines à l'aide de pompes très puissantes. La quantité de pluie est, en effet,

(1) D'après de Villèle. *Op. cit.*

Digitized by Google

insuffisante pour la venue de la canne à sucre et même de toute autre plante cultivée dans les localités où l'on s'est décidé à de telles entreprises. La moyenne annuelle de la hauteur d'eau pluviale est de 0 m. 500 pour Ewa et de 0 m. 625 pour Puunene qui sont les deux plus grandes propriétés de l'archipel sur lesquelles on pratique l'irrigation. La canne exige une énorme quantité de pluie, soit 1 m. 750, si l'on prend comme exemple la propriété de Kaeleku, qui se trouve dans la même île que Puunene et où l'on n'irrigue pas.

Les frais d'irrigation sont considérables : à Ewa ils atteignent 11 % des frais annuels et 15 % à Puunene. Ces frais comprennent non seulement le coût des installations, l'entretien des machines, le combustible et le personnel ouvrier, mais encore parfois le salaire d'un employé spécial qui s'occupe uniquement du nivellement des canaux pour assurer la meilleure utilisation de l'eau obtenue à si grand prix. La répartition de l'eau dans les champs se fait par petites portions d'environ 50 m. de longueur sur 10 m. de largeur. Des canaux secondaires prenant naissance sur un canal principal et aboutissant à un canal parallèle à celui-ci, déverse l'eau des deux côtés dans les sillons distants de 1 m. 50 les uns des autres. La pente du terrain est dans le sens des canaux secondaires, de sorte que l'eau va de niveau dans les rangées de cannes qui l'absorbent mieux que si elle courait dans les sillons offrant une déclivité plus ou moins grande.

On calcule qu'il faut par jour 17.465 barriques pour arroser 100 arpents (1), 1.000.000 de gallons (2) pour 100 acres, 93.364 hl. pour 100 ha.

Au commencement de la plantation et pendant deux semaines on arrose tous les 3 ou 4 jours, et ensuite tous les 8 jours. On a reconnu à Oahu que la meilleure hauteur d'eau à fournir à la canne Lahaïna était de 0 m. 075 chaque fois, et que celle qui convenait le mieux à la Rose Bambou était de 0 m. 050. Il s'ensuit que toutes les variétés de cannes n'ont pas les mêmes besoins d'eau, comme cela a été reconnu également pour les quantités de matières fertilisantes à leur donner.

A l'approche de la maturation, on n'irrigue plus que tous les 15 jours. Le grand avantage de l'irrigation est de fournir à la plante une provision d'eau régulière, ce que ne donne pas la pluie dont la

(1) 80 arpents = 33 ha. 80. — 1.300 barriques = 78.000 gallons = 2.953 hl. 21.
(2) La barrique = 227 l. 17, le gallon américain = 3 l. 7852.

Digitized by Google

répartition est loin d'être toujours la même. La preuve c'est que les fortes récoltes ne concordent pas avec les années les plus pluvieuses, mais bien avec celles où les pluies sont plus nombreuses et distribuées aux plantes en quantités plus égales.

Une opinion très répandue est que les cannes irriguées sont moins riches en sucre que les autres. C'est là une erreur, car l'irrigation pratiquée d'une manière rationnelle ne donne pas à la plante une végétation désordonnée, de sorte qu'elle parcourt régulièrement toutes les phases de son développement et arrive bien à maturité. C'est une propriété irriguée, celle de Oahu, qui a produit en 1908 le plus de sucre pur par 100 kg. de cannes. Cette usine a donné 13,90 %, ce qui représente 14 kg. 15 de sucre brut. La canne contenait 15,67 % de sucre. En 1909, Puunene est arrivé à un résultat supérieur. Il convient de remarquer que les plantations irriguées situées sur les plateaux sont celles qui reçoivent le plus de lumière et de chaleur, dont on connaît l'influence sur la végétation et sur l'élaboration du sucre.

Si l'on prend la moyenne de production des terres irriguées et de celles qui ne le sont pas, pour 1904, 1905 et 1907, on a 5,523 — 2.604 kg. de sucre (1), soit une différence de 2.849 kg. ou 106 % en faveur de l'irrigation. En 1907, où les pluies ont été plus fréquentes à Hawaï et à Kauai, la différence entre les terres irriguées et les terres non irriguées est moins grande, elle n'atteint que 90 %.

A un moment donné, surtout en automne, l'eau se fait rare aux îles Hawaï; aussi, les administrateurs de propriétés se demandent s'il vaut mieux en fournir aux petites cannes plantées qu'aux grandes qui sont sur le point de fleurir, plutôt que d'en donner parcimonieusement aux deux catégories d'âges différents. Après mûr examen de la question, il a été décidé qu'il valait mieux en priver les petites cannes et de les laisser en souffrir quelque peu, que de risquer d'empêcher les grandes d'achever leur croissance à un moment où elles poussent d'une façon remarquable en hauteur et en épaisseur.

(1) A l'hectare 13.063 par irrigation.
6.300 sans irrigation.

Différence 6.763 kg.

Digitized by Google

EPAILLAGE DE LA CANNE ; SON INFLUENCE SUR LE RENDEMENT CULTURAL. FLAMBAGE

Aussitôt que les feuilles inférieures se dessèchent, on procède à l'*épaillage*, c'est-à-dire à l'enlèvement de ces feuilles, qui retombent, restent adhérentes à la canne, empêchent l'arrivée de l'air jusqu'au milieu du champ et fatiguent la canne.

Cette question de l'enlèvement des feuilles sèches a été souvent discutée ; les essais faits à la station expérimentale d'Hawaï permettent de se faire une opinion définitive sur les résultats de cette opération.

Première série d'essais. — Cannes plantées en juillet 1901 et récoltées en avril 1903. La variété employée était la Lahaina. On a fait quatre essais avec respectivement 0, 1, 2, 3 effeuillages ; les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Nombre d'effeuillages	Poids de cannes par hectare en kg.	Sucre 0/0 gr. de cannes	Sucre par hectare en kg.	Pureté du jus	Différence 0/0 de sucre
0	169.100	17,14	28.900	92,87	—
1	175.400	17,00	29.700	91,43	+ 2,8
2	159.700	17,45	27.800	92,06	— 3,9
3	156.800	16,24	25.400	91,57	— 12,1

Donc, un effeuillage donne de bons résultats, tandis que deux et trois effeuillages entraînent de fortes diminutions de rendement et de sucre.

Deuxième série d'essais. — Les essais ont été effectués sur 14 parcelles effeuillées trois fois, et 14 parcelles non effeuillées. En même temps, les différentes parcelles ont reçu des quantités variables d'engrais. Les résultats sont les suivants (moyenne des 14 parcelles) :

Moyenne des 14 parcelles

	Brix du jus	Sucre	Pureté	Glucose	Gomme	Ligneux
Cannes effeuillées. . .	18,84	16,84	89,64	0,49	0,38	10,8
Cannes non effeuillées.	19,68	17,78	90,31	0,42	0,43	11,1

Digitized by Google

Moyenne des 14 parcelles (suite)

	Cannes par hectare en kg.	Sucre 0/0 de canne	Sucre par hectare en kg.	Nombre de cannes mortes par hectare
Cannes effeuillées. . .	171.289	15,02	25.856	16.200
Cannes non effeuillées.	225.845	15,81	35.650	9.925

De l'ensemble de ces essais, l'auteur tire la conclusion suivante : quelles que soient les quantités d'engrais employés, les cannes effeuillées ont toujours fourni un rendement inférieur en quantité et en qualité par rapport aux cannes non effeuillées.

Troisième série d'essais. — Cannes effeuillées trois fois, en janvier, juin et octobre 1905. Les résultats ont été en tout conformes à ceux qui précèdent [1].

Comme conclusion, l'auteur estime que la pratique de l'effeuillage est mauvaise en principe, mais que dans certains cas, notamment lors de la présence simultanée de la sauterelle des feuilles (*leaf hopper-pest*) et de la maladie de l'écorce (*rind desease*), on peut avoir intérêt à pratiquer un effeuillage modéré.

La règle à suivre est celle-ci : on doit effeuiller dans les localités humides et ne pas effeuiller dans les localités sèches. Il s'agit bien entendu des seules feuilles mûres et desséchées qui adhèrent très peu aux tiges et dont beaucoup se détachent d'elles-mêmes.

COUPE ET NETTOYAGE DE LA CANNE

Maturité. — La maturité de la canne est facilement reconnue par un planteur expérimenté : la canne se dégarnit des feuilles sur toute sa longueur et ne garde que quelques feuilles vertes à la cime ; la tige devient luisante et d'une couleur plus claire. Au point de vue analytique, on considère une canne comme mûre lorsque le coefficient glucosique, c'est-à-dire le rapport de la glucose au sucre, est inférieur à 10.

A la Guadeloupe, on coupe la canne à l'aide d'une espèce de sabre de 0 m. 50 de long et de 0 m. 08 de large ; à Cuba, on se sert d'un couteau à lame très large, mais n'ayant pas plus de 0 m. 30 de long.

(1) C F. Eckart. — *Bull. stat. agr. des îles Hawaï*, n° 16. — *Bull. Ass.*, sept. 1906, 335.

Digitized by Google

L'ouvrier saisit la canne de la main gauche, la couche vers lui ; et d'un seul coup la coupe au ras de terre, le plus horizontalement possible — puis avec le revers de l'outil, il enlève dextrement les feuilles encore adhérentes ; il coupe alors la tige en morceaux de 70 à 80 cm. et les jette soit en tas, soit en ligne derrière lui.

Différents constructeurs ont songé que la coupe des cannes pourrait être faite à l'aide de moissonneuses analogues à celles employées pour la coupe des céréales ; mais jusqu'à présent aucune machine de ce genre n'a encore été adoptée par les planteurs. On continue donc à couper la canne avec un coutelas.

Flambage des cannes. — La rareté de la main-d'œuvre à Hawaï a fait adopter un procédé de récolte quelque peu sauvage, qui consiste à incendier les carrés de cannes la veille du jour où l'on doit les couper. Au point de vue agronomique, c'est là une opération critiquable, car elle entraîne la perte des matières organiques et de l'azote; à cette perte vient s'ajouter celle des matières minérales par dispersion des cendres si l'opération se fait en un jour de brise. Mais, si l'on considère qu'elle détruit peut-être aussi les micro-organismes nuisibles au sol ou à la plante, suivant les nouvelles doctrines de MM. Russel, Huckinson et Hall, on peut considérer le flambage comme une opération pratique, surtout s'il économise une main-d'œuvre coûteuse comme dans le cas qui nous occupe. D'ailleurs, les analyses faites par MM. Savage et Schmidt à Hawaï montrent que le lendemain du flambage les jus des cannes sont aussi purs que ceux des cannes qui n'ont pas subi cette opération ; mais il n'en est plus de même s'il s'écoule quelque temps entre la coupe de telles cannes et l'écrasement. La pratique a du reste montré depuis longtemps l'urgence qu'il y avait à couper et travailler les cannes incendiées accidentellement dans les champs. En outre, les cannes brûlées peuvent subir une légère perte de sucre si elles sont transportées par flume (1).

Un des avantages du flambage est de détruire nombre de borers adultes logés dans la gaine des feuilles de canne. Cette pratique qui se généralise à Maui et paraît s'implanter à Ewa, Vaialua et sur d'autres points d'Oahu, n'est guère répandue à Hawaï.

(1) M. Manoury a souvent remarqué dans le travail des cannes à Cuba que les cannes incendiées donnaient des jus plus purs que ceux des cannes non incendiées, à la condition qu'elles fussent mises en œuvre dans les 2-3 jours qui suivaient l'incendie. Il a remarqué que non seulement la pureté du jus augmentait, mais aussi le quotient salin, ce qui tendrait à montrer qu'il y a eu fixation de potasse dans la plante.

Digitized by Google

Enlèvement des bouts blancs. — La canne, absolument dénudée, subit alors un nettoyage plus complet. C'est d'abord le pied qui est quelquefois entouré de racines plus ou moins dures et qu'on doit enlever, ce chevelu contenant souvent de la terre. Puis, c'est principalement la tête de la canne qui doit être enlevée jusqu'à l'entre-nœud considéré comme faisant partie de la canne elle-même. Nous voulons parler des bouts blancs.

Lorsque la canne est blanche, le bout blanc ne s'aperçoit pas très bien au premier examen de la canne effeuillée ; mais, avec un peu

Fig. 345. — Récolte de la canne.

d'habitude on reconnaît parfaitement ce qui doit être considéré comme bout blanc. Ces bouts blancs ont un diamètre plus faible que la tige normale, ils sont moins longs et beaucoup plus tendres. Les cultivateurs ne s'y trompent pas, mais ils font tout leur possible pour les y laisser.

Dans les sortes rouge, violacée, rubanée, etc., le bout blanc se détache nettement de la canne normale. Toujours plus petit de diamètre, ayant moins de poids, il présente une coloration très faible et sur un côté seulement.

Les auteurs sont tous d'accord pour affirmer que les bouts blancs doivent être enlevés et rejetés comme ne devant pas être livrés à la sucrerie. Pour en venir à cette conclusion, ils s'appuient avec raison

Digitized by Google

sur la qualité détestable des bouts blancs qui, en général, sont très pauvres en sucre, riches en glucose et ont une pureté excessivement faible, souvent inférieure à 50. En outre, le jus des bouts blancs est très acide et peut être le siège d'altérations qui influent ensuite sur la qualité du jus normal extrait de la canne mise en œuvre.

Donnons quelques analyses de bouts blancs. — Bonâme en a donné les chiffres suivants, comparativement à ceux fournis par la canne normale :

Bouts blancs	Sucre	Glucose	Canne normale	
			Sucre	Glucose
1	4,01	6,57	13,0	3,0
2	9,07	1,95	15,0	1,50
3	14,90	1,15	17,0	0,50
4	16,80	0,70	22,7	0,50

A la Réunion, M. Delteil a obtenu :

	Sucre	Glucose	Eau	Ligneux	Matières organiques	Sels	Densité du jus (Baumé)
Bout blanc. . . 0 m. 10	3,80	1.33	84,05	9,96	0,38	0,48	3,7
Haut . . . . . 0 m. 15	13,37	0,81	70,89	9,51	0,35	0,47	9,3
Milieu . . . . 0 m. 10	18,09	0,16	78,40	10,71	0,32	0,30	11,6
Bas . . . . . 0 m. 55	18,59	0,14	68,92	11,55	0,30	0,50	12,0

M. Pellet [1] a obtenu des résultats qui se rapprochent de ceux de M. Delteil. Voici un extrait des nombreuses analyses qu'il a exécutées :

Densité du jus des bouts blancs.	1025 à 1050
Sucre $^0/_0$ cm³.	2,5 à 8,0
Glucose $^0/_0$ cm³	3,0 à 1,50
Glucose $^0/_0$ gr. de sucre	20 à 100
Pureté du jus	35 à 60

Quelquefois les bouts blancs sont éliminés des cannes, au moins en grande partie, mais ils reviennent dans les wagons sous forme de bouts tout venant placés au centre et plus ou moins dissimulés sous des cannes bien propres et bien rangées.

[1] H. Pellet. — Etudes sur la canne à sucre.

Digitized by Google

M. Ch. Saillard a publié un tablean intéressant sur la richesse saccharine des différentes parties de la canne, en ce sens qu'il a résumé plusieurs essais afin de démontrer l'intérêt que le fabricant avait d'abord à enlever les parties supérieures des cannes et ensuite à chercher un moyen d'acheter la canne à sa richesse réelle, vu les grandes variations de qualité des cannes fournies, payées au poids brut, « ce qui est une véritable prime à la mauvaise culture et aux coupes hâtives (¹) ».

Résumé des essais de M. Saillard. Analyse du jus.

	Degré Brix	Sucre 0/0 gr. de jus	Pureté	Glucose 0/0 gr. de jus	Glucose 0/0 gr. de sucre
Partie inférieure (presque toute la canne)	16,55	14,46	87,35	1,23	8,52
Partie supérieure (les trois nœuds et entre-nœuds de tête) . . .	15,09	5,94	39,36	2,33	39,97

CULTURE ET ENTRETIEN DES REJETONS

La canne une fois coupée, il apparaît immédiatement au pied de la souche de nouveaux rejets qui portent alors le nom de *rejetons*. Aussi, dès que le champ est débarrassé, il faut donner les soins indispensables à la nouvelle végétation ; ces soins consistent :

1° A enlever les feuilles mortes qui couvrent le sol, à les enterrer à la charrue ou à les brûler, comme cela se pratique à la Guadeloupe ; mais dans ce dernier cas, il faut procéder avec précaution, car on est exposé à détériorer les bourgeons et même les souches qui sortent du sol.

Une excellente méthode suivie dans beaucoup de pays à cannes consiste à laisser les feuilles sèches sur le champ : elles offrent l'avantage d'étouffer les mauvaises herbes et d'empêcher l'évaporation de l'humidité. Lorsque les rejetons ont pris un certain développement, on réunit les feuilles mortes dans un entre-ligne sur deux ; on cultive à la charrue l'entreligne débarrassé des feuilles mortes et on donne un binage aux rejetons, puis on ramène les feuilles mortes dans l'entre-ligne qu'on vient de labourer et on cultive à son tour celle qui vient d'être débarrassée des feuilles.

(¹) *Bull. Ass.*, avril 1891.

Digitized by Google

2° A fumer ou donner à la souche l'engrais qui lui est nécessaire. Cette fumure doit se faire à l'aide d'un léger labour que l'on fait le plus près possible de la ligne de souches ; dans la dérayure, on met le fumier ou le guano et on le recouvre immédiatement. Dans quelques colonies, et principalement dans les cultures en trouaison, on met les engrais au pied de chaque souche, et l'on a soin de les recouvrir de terre afin de leur conserver tout leur pouvoir fertilisant.

3° On doit sarcler et biner aussitôt que les mauvaises herbes apparaissent, afin de ne pas leur laisser le temps de nuire aux nouveaux rejets.

Durée des plantations. — A Cuba, une plantation dure de 5 à 7 ans. Comme on ne fume jamais et que les soins d'entretien sont presque nuls, on fait sur un même terrain deux ou trois plantations successives, puis on abandonne les terres aux pâturages pour les laisser reposer.

A la Guadeloupe, une plantation dure de 5 à 6 ans ; cependant on y voit parfois des pièces de 12 et 15 ans qui sont encore d'un bon rapport ; mais la culture y est soignée et les engrais y sont employés.

Dans les Guyanes, les plantations de cannes durent au moins 15 ans.

A la Réunion et à Maurice, les cannes ne donnent que trois récoltes, puis on laisse reposer la terre ou bien on y cultive du maïs et du manioc. L'année précédant une nouvelle culture de canne, on plante des légumineuses que l'on enfouit à l'état vert (procédé de la sidération).

A Java, on cultive la canne sur maïs ou riz, et on ne la laisse produire qu'un an ; par suite, on ne travaille guère que de la canne plantée. Nous pensons que ce mode de procéder provient d'une disposition législative.

Epoques de la récolte dans divers pays.

Cuba. Décembre à juin.
Java. Mai à novembre.
Maurice. Août à décembre.
Hawaï. Septembre à décembre.
Guyane anglaise. Septembre à décembre.
Louisiane. Octobre à janvier.
Pérou. Octobre à février.
Brésil. Octobre à février.
Argentine. Juin à octobre.
Egypte. Décembre à mars.
Queensland. Juin à novembre.
Mexique. Décembre à mai.
Philippines. Septembre à mars.
Indes Occidentales. Janvier à juillet.

Digitized by Google

Rendements de sucre à l'hectare. — Les îles Hawaï sont les pays d'élection de la canne à sucre ; on y cite pour les terres les plus fertiles des rendements de 14.000, 16.500 et même 30.500 kg. de sucre à l'ha. ; la moyenne pour l'île entière varie entre 8.700 et 9.600 kg., ce qui correspond au rendement des bonnes sucreries de Java (1).

A la station expérimentale d'Hawaï diverses variétés de cannes ont donné les rendements ci-dessous en sucre à l'ha. :

Variétés	Sucre par hectare	Variétés	Sucre par hectare
Demerara n° 117	31.307 kg.	Lahaina Striped	22.500 kg.
Cavengerie	30 627 »	Wite Bambou	21.952 »
Striped Singapore	26.639 »	Tiboo Merd	21.292 »
Queensland n° 1	25.816 »	Queensland n° 4	18.875 »
Yellow Caledonia	25.733 »	Demerara n° 95	17.886 »
Lahaina pourpre	25.053 »	Queensland n° 84	17.254 »
Queensland n° 7	24.898 »	Gee Gow	16.994 »
Big Ribbon	23.378 »	Jaune Bambou	14.622 »
Demerara n° 74	22.827 »		

Analyses de jus.

	Saccharose 0/0 gr.	Glucose 0/0 gr.	Pureté	Gommes 0/0 gr.	Ligneux 0/0 gr.
Cavengerie	15,8	0,752	87,1	0,60	12,7
Gee Gow	16,1	0,301	90,7	0,39	12,2
Tiboo Merd	13,9	1,044	85,6	0,41	10,0
Lahaina Striped	15,9	0,413	90,5	0,45	10,0
» purple	15,9	0,381	90,6	0,48	9,8
Queensland n° 1	13,9	0,978	86,2	0,57	10,75
» n° 4	14,2	0,845	87,1	0,54	11,0
» n° 7	16,8	0,205	88,5	0,85	12,5
« n° 8 A.	14,8	0,339	87,5	0,51	11,0
Demerara n° 74	14,2	0,404	86,2	0,56	9,8
» n° 95	15,7	0,324	90,1	0,42	11,1
» n° 117	15,2	0,459	88,5	0,52	11,5
Yellow Bambou	14,7	0,472	85,9	0,56	12,3
White Bambou	16,1	0,288	86,8	0,72	13,1
Yellow Caledonia	16,2	0,325	86,9	0,74	11,1
Big Ribbon	14,7	0,549	85,0	0,64	11,3
Striped Singapore	15,5	0,563	89,3	0,48	10,3

ANIMAUX ET INSECTES NUISIBLES A LA CANNE

Rats. — Le rat est certainement l'animal le plus nuisible et le plus répandu dans les colonies.

(1) F. C. Eckart. — *Sugar Cane*, n° 75, *Bull. Ass.*, p. 132, déc. 1905, p. 683.

Digitized by Google

Il commence ses ravages aussitôt que la canne a trois nœuds ; il l'attaque, ronge sa tige à 10 ou 15 cm. du sol, en faisant une entaille rectangulaire, ayant bien soin de rejeter l'écorce et de ne manger que la moelle sucrée. Lorsque la canne arrivée à maturité, se couche, il l'attaque par le milieu. Quel que soit l'endroit attaqué, la fermentation ne tarde pas à altérer le jus et la canne est perdue.

A Cuba, les dégâts sont peu importants grâce à la présence d'un petit boa appelé *maja* (*Epicrates angulifer*) de 2 à 3 m. de long, complètement inoffensif à l'homme et aux animaux domestiques. C'est un ennemi implacable des rats.

A la Jamaïque, on a acclimaté le Mangouste (Mungoose en anglais). Cet animal qui a une très grande ressemblance avec la belette, fait aux rats une chasse acharnée. Malheureusement, là ne se bornent pas ses exploits, car il fait d'assez fréquentes visites aux basses-cours des planteurs.

Jusqu'à ce jour on s'est contenté à la Guadeloupe de détruire les rats à l'aide de ratiers, de pièges et de poison, mais les résultats ne sont pas satisfaisants ; aussi les champs sont-ils dévastés par ces rongeurs.

Le journal la *Agricultura de Guatemala* donne, comme étant la meilleure préparation pour détruire les rats, la composition suivante :

Mie de pain	125 grammes
Graisse.	60 »
Azotate de mercure cristallisé	30 »

Nous croyons que le procédé employé dans le département de l'Aisne pour la destruction des mulots et des taupes serait plus efficace et plus sûr. Ce procédé consiste à injecter un virus contagieux à quelques rats et à les lâcher dans les champs, suivant la méthode Pasteur, appliquée aux lapins d'Australie.

Les maladies et les insectes nuisibles à la canne à Maurice et à la Réunion (le pou blanc et le borer) ont été étudiés avec le plus grand soin par Delteil. Nous ne saurions mieux faire que de le suivre dans sa description.

Pou à poche blanche. — Le *pou à poche* blanche (*coccus sacchari*) appartient au genre coccus de Linnée, *dorthésu* de Bosc, ordre des hémiptères, tribu des homoptères.

Le mâle et la femelle diffèrent ; le premier seul a des ailes. Le

Digitized by Google

mâle est beaucoup plus petit et plus rare, puisqu'on n'en trouve qu'un sur deux ou trois cents femelles. C'est un insecte très vif, aux ailes tachetées de noir et de blanc et se croisant en dessus. Après l'accouplement, il ne tarde pas à mourir.

La femelle a le corps aplati, mou, convexe en dessus, globuleux. Il est couvert d'une poussière blanchâtre et entouré de poils ou filaments légers qui, à mesure que l'insecte vieillit, durcissent pour lui former une coque. Elle a 3 paires de pattes très petites, à trois articulations. Les œufs, au nombre de 5 à 600, sont fixés sous le ventre de la femelle, serrés en chapelet et entourés d'une *poche blanche* qui s'est enflée progressivement.

Larves. — Attachées à l'épiderme des feuilles, la trompe implantée dans le parenchyme, les femelles et leurs larves épuisent le suc de la plante qui dès lors jaunit, se dessèche et meurt comme si elle avait été empoisonnée. Comme pour tous les insectes du genre coccus, les plus grands ennemis des poux à poche blanche sont les pluies continues et les oiseaux. Leurs dévastations s'exercent principalement dans les terrains secs. Quoi qu'il en soit, ce fléau est beaucoup moins à craindre pour la canne que le borer.

Borer. — Le borer (*Tortrix saccharifaga*) se rapporte par ses caractères au groupe des lépidoptères nocturnes, nommé par Fabricius *pyrales* et désigné sous le nom de *tortrix outardensis* par Linnée et la plupart des entomologistes modernes.

A l'état parfait, le borer est un papillon de petite taille, de couleur gris cendré ; l'abdomen, qui ne dépasse pas les ailes dans l'état de repos, est terminé par une houppe de poils. La femelle est plus petite que le mâle ; ses ailes sont plus larges et son abdomen est dépourvu de poils ; de plus, elle ne peut voler comme les mâles, elle saute.

Ces deux papillons sont essentiellement nocturnes. Le jour, ils restent blottis dans les herbes et les brousses ; ils ne sortent que le soir. Le lépidoptère femelle choisit la partie inférieure des jeunes plants enveloppée par des feuilles engaînantes pour déposer ses œufs.

La petite larve qui éclôt, se creuse d'abord une cellule dans le plan horizontal de la tige ; plus tard elle se fera un terrier du canal médullaire en s'avançant de bas en haut.

La chenille du borer, arrivée à son entier développement (c'est sous cet état qu'elle exerce surtout ses ravages sur la canne) ressemble à un ver de grand coléoptère ; elle peut atteindre jusqu'à

Digitized by Google

0 m. 025 de longueur. Elle est de forme cylindrique et allongée, munie de seize pattes et d'une tête noire, forte, résistante, formée de deux calottes écailleuses aux parties latérales desquelles sont les yeux. La bouche se compose de deux fortes mandibules cornées et tranchantes, deux mâchoires latérales, une lèvre inférieure mince et coupante. Sa couleur est blanche et pâle avec quelques petites taches noires sur les segments, et trois raies longitudinales parallèles et de couleur rose pâle se dessinent sur le vaisseau dorsal de chaque côté.

La larve subit des mues avant de se transformer en chrysalide. Le borer vit seize jours en cet état ; la chrysalide est molle, cuivrée, à reflet métallique avec les anneaux bien dessinés en dessus, et les ailes en dessous. Elle se trouve à l'aisselle des feuilles sèches ou dans le fond des trous de cannes. A peine sortie de son œuf, la jeune chenille se met à ronger la tige des cannes. Des taches, des eschares, des échancrures du tissu végétal révèlent sa présence.

« Quand le borer attaque une tige de canne déjà forte, dit Delteil, celle-ci peut à la rigueur résister à ses attaques, bien que la partie perforée soit toujours le siège d'une fermentation et devienne très fragile et susceptible de se briser sous l'influence des fortes brises. Mais quand cette larve, suivant son habitude, se jette sur les tiges jeunes et tendres qui sortent des bourgeons, le mal est sans remède et la dévastation sans limites. Souvent l'habitant pour être assuré d'avoir une récolte au bout de l'année, est obligé de replanter ses champs de cannes dévorés entièrement par le borer.

« Cet insecte a été introduit à Java où l'on cherchait des espèces nouvelles de cannes. Dans cette contrée, il existe à l'état endémique pour ainsi dire et ne prélève qu'un prix modéré sur les champs de cannes. En Cochinchine on l'a rencontré également, n'exerçant sur les cannes que des désordres peu apparents. On espère qu'il finira par s'acclimater à Maurice, à la Réunion comme à Java et qu'il deviendra tolérable pour les cultures.

« En attendant on le combat par différents moyens. D'abord en brûlant les amas d'herbes sèches et de feuilles où les chrysalides et les papillons se réfugient le jour ; puis en tenant les champs très propres et en y envoyant des escouades de petits noirs, armés d'un couteau et d'une bouteille, qui fendent toutes les jeunes tiges récemment attaquées par le borer, en retirent la larve et la renferment

Digitized by Google

dans le vase préparé à cet effet. Ce moyen, bien que grossier, réussit encore mieux que tous ceux qu'on a essayés, tels que insecticides, barriques d'eau éclairées au milieu par un petit falot pour brûler et noyer les papillons nocturnes, etc.

« Les borers ont heureusement des ennemis qui leur font, à l'état de larves ou de papillons, une guerre acharnée. Ce sont les martins ou merles des Philippines qui, introduits pour amener la destruction des sauterelles, se sont montrés plus friands des borers. Une sorte de lézard, importé probablement en même temps que les cannes borérées et venant de Java, le *galeote versicolore*, connu à la Réunion sous le nom de *Caméléon* fait également une chasse impitoyable, aux borers. Enfin une espèce de libellule, de la tribu des névroptères, détruit aussi beaucoup de papillons. Malheureusement elle n'est pas assez commune pour constituer un ennemi sérieux à cet insecte dévastateur. »

Le seréh. — Cette maladie qui apparut il y a une trentaine d'années à Java, fut étudiée par le Dr M. Treub, directeur du jardin botanique de Buitenzorg, qui découvrit deux parasites, l'un végétal, l'autre animal. Le parasite végétal est un champignon appartenant au genre *Pythium* de la famille des Merenespores ; il se trouve dans les radicelles des plantes malades.

Le parasite animal serait de l'espèce de *Heterodera* et fut nommé par le Dr Treub : *Heterodera Javanica*. Suivant la description qu'il en donne, cet insecte doit beaucoup plus s'éloigner de l'*Heterodera Schachtii* que de l'*Heterodera radicicola*, l'autre espèce jusqu'ici connue. Comme chez cette dernière, la femelle gonflée de l'Heterodera Javanica n'est jamais visible du dehors, et se trouve toujours dans l'intérieur de la racine.

Les œufs et les femelles auraient les dimensions suivantes :

Œuf : longueur moyenne	12mm 1/2
» largeur moyenne	4 » 1/2
Individu : femelle et gonflée.	
» longueur environ	85 » 1/2
» largeur environ	45 » 1/2
» largeur vers le grand bulbe	45 » 1/2

Les effets du parasitisme du nématode javanais ne se montrent pas par hypertrophies, parce qu'il pénètre dans l'écorce de la racine, mais par des fissures ou des lésions accidentelles, peut-être aussi par les points végétatifs intacts. Entré dans l'écorce, le nématode se

Digitized by Google

dirige dans une direction parallèle à l'axe du cylindre central jusqu'à ce que, arrivé à l'endroit où une racine latérale commence à prendre naissance, il cesse sa migration et introduit sa tête armée d'un stylet entre les cellules de la jeune racine. Ainsi logée, la femelle ne bouge plus de place, elle ne tarde pas à se gonfler pour bientôt prendre la forme de citron caractéristique de l'espèce.

Le plus souvent, la présence du nématode ne cause pas d'hypertrophie, et ce n'est que lorsque la racine attaquée est très mince, qu'un léger renflement se produit. Dans une pareille nodosité, l'assise protectrice est entièrement disloquée, jusqu'à rendre méconnaissables les cellules, et par suite, il y a libre accès aux parties périphériques du cylindre central. Aussi rencontre-t-on généralement plusieurs nématodes à la fois dans une nodosité.

Qu'il y ait ou non une hypertrophie, toujours quelques cellules dans le voisinage de la tête du parasite prennent des dimensions démesurées. Les grandes cellules présentent la particularité de renfermer un grand nombre de noyaux (1).

D'après le Dr Soltvedel, la maladie se reconnaît à la croissance tardive de la canne, à la forme d'éventail ou de jet de fontaine des feuilles qui deviennent molles, minces, étroites, se flétrissent et meurent ; en même temps, tandis qu'il se forme des racines aériennes à la souche, elle donne naissance à un grand nombre de rejets. Les parois des cellules sont très enflées et désorganisées, de plus on trouve des grains de fécule dans le parenchyme qui entoure les vaisseaux.

Raoul diagnostique les cannes atteintes du seréh aux caractères suivants ; 1° les cannes coupées laissent échapper un gaz à odeur ammoniacale ; 2° les cannes présentent des veines rouges.

Le Dr H. J. E. Peclen attribue la maladie aux engrais organiques ; il recommande de tremper les boutures pendant quelques minutes dans une solution de sublimé corrosif à 1/1000 et de les laver à l'eau pure avant de les planter.

MM. Aug. Marcks et Kuneman conseillent l'emploi de créoline ; M. Stoop, celui de pétrole brut.

On peut conseiller de brûler sur pied toute canne malade pour ne pas permettre aux parasites d'attaquer les cannes saines. De plus, on

(1) Raoul. — *Manuel des cultures tropicales*, d'après les *Annales du jardin botanique de Buitenzorg.*

Digitized by Google

devra choisir avec le plus grand soin des boutures pour les nouvelles plantations, et rejeter toute canne même douteuse [1].

Fourmis. — A Cuba, l'on rencontre souvent au milieu des champs de cannes de grandes fourmilières. Les fourmis, en bouleversant le sol, détériorent les racines et causent quelques dégâts.

Criquets. — Le criquet, quoique ne s'attaquant pas plus particulièrement à la canne qu'aux autres plantes, nuit fortement à la culture de la canne en Nouvelle-Calédonie, et dans quelques îles de la Méditerranée.

CONSERVATION DES CANNES

Aussitôt coupée, la canne doit être transportée à l'usine pour y être mise en œuvre immédiatement, car si on l'abandonne à elle-même pendant quelques jours dans les champs, elle se dessèche et s'altère.

A Cuba, avec le système des grandes usines centrales, il est fort difficile de mettre en œuvre immédiatement toutes les cannes coupées le jour ou la veille ; aussi, il n'est pas rare d'y voir travailler des cannes coupées depuis quatre, cinq, ou même six jours. La perte de poids est alors très importante. Ainsi, par exemple, supposons qu'on ait pesé aux stations éloignées, 100 t. de cannes contenant 12 °/₀ de fibres, et que ces cannes perdent par évaporation 2 °/₀ de leur poids avant d'être broyées : la proportion centésimale de fibres, calculée sur 98 t., s'élèvera alors à 12,24 °/₀, et les cannes broyées jusqu'à une teneur en fibre de 42 °/₀, donneront 70,91 °/₀ de jus ou 68,49 t. sur 98 t. livrées à l'usine ; tandis que si elles avaient été broyées à l'état frais, elles auraient donné 71,43 t. de jus.

D'après une série d'expériences faites par Noel Deerr [2], la perte de poids des cannes coupées et mises en tas d'environ 25 kg. (Voir tableau p. 422).

A Java on a remarqué que les cannes mouillées se détériorent beaucoup moins vite que les cannes sèches ; la détérioration est due à la mort des cellules qui conservent plus longtemps leur vitalité à l'état humide qu'à l'état sec. Browne [3] a montré que le sucre s'invertit plus rapidement dans les cannes coupées si on leur laisse les

(1) A Natal la fourmi blanche est le pire ennemi de seréh.
(2) Noel Deer. — *Sugar Cane*, p. 168.
(3) *Louisiana Bulletin.*

Digitized by Google

Perte de poids des cannes coupées

	24 heures	48 heures	72 heures	90 heures	120 heures
Perte de poids %. . .	2,73	5,00	6,37	8,81	9,11
» »	2,53	4,49	5,45	8,01	9,01
» »	3,03	3,50	5,19	7,88	8,80
» »	1,59	3,62	4,63	6,26	7,64
» »	1,87	4,48	5,49	6,64	8,02
» »	2,26	4,05	6,11	7,90	8,50
» »	1,41	3,05	5,20	6,09	8,52
» »	2,19	4,03	5,49	7,37	8,57

sommités non encore arrivées à maturité, parce que l'inversion se produit sous l'influence d'une enzyme contenu en proportion plus importante dans les sommités, et que cet enzyme se répand dans le jus des tiges lorsque les cannes sont coupées.

TRANSPORT DES CANNES

Le transport des cannes se fait au moyen de charrettes qui entrent dans le champ pour y être chargées, ce qui présente un grand inconvénient dans les terrains humides ou dans la saison des pluies ; les roues s'enfoncent dans la terre, détériorent les souches et les bourgeons qu'elles rencontrent.

A la Guadeloupe, on a l'habitude de lier les cannes en paquets d'une douzaine de kilogr. ; on retire les liens lorsque l'on décharge la charrette. A Cuba, on charge directement la canne dans les charrettes ; on économise ainsi un homme, et les cannes bien rangées sur le chariot arrivent sans encombre jusqu'au moulin.

Aux îles Hawaï, le transport des cannes à l'usine se fait de trois manières différentes, savoir : par voie ferrée, par *flume* et par câbles aériens. Voici la description qu'en donne M. de Villèle :

Le moyen de transport le plus répandu est la voie ferrée. Les voies ont 0 m. 70 à 1 m. d'écartement, et la charge des wagons est de trois à cinq tonnes. Au lieu de charger les wagons paquet par paquet, véhiculés par des porteurs, on place souvent les cannes sur des traîneaux que des chevaux conduisent à travers champs à une petite grue élevant chaque charge au-dessus des wagons. A ce moment, le conducteur du traîneau détache, au moyen d'un crochet fixé à une flèche, la chaîne qui maintient les cannes. Cette façon de charger les wagons est rapide et économique.

Digitized by Google

Le second mode de transport est le *flume*. C'est une sorte de transporteur hydraulique, constitué par un canal en madriers dans lequel l'eau sert de véhicule à la canne qui y est jetée par les coupeurs. Dans les localités en pente, le flume est construit à même le champ où il circule avec une pente assez régulière ; dans ces conditions, il n'exige d'autres travaux d'art que quelques ponts, supports et piles que nécessite le passage de certains vallons. Ailleurs, la construction de ce transporteur hydraulique exige parfois beaucoup de travail, d'adresse et de hardiesse, quand il faut l'élever par exemple à plus de 50 mètres au-dessus du sol sur une charpente excessivement légère, allant d'une rive à l'autre d'une ravine très large. De distance en distance, des hommes se tiennent sur le flume avec des drapeaux de différentes couleurs afin de prévenir s'il y a encombrement sur un point quelconque ou s'il faut accélérer l'envoi des cannes. Au point terminus du flume, celles-ci tombent sur une trémie inclinée qui les fait glisser sur le transporteur du moulin, tandis que l'eau s'écoule à travers la trémie dans un canal pour servir aux besoins de l'usine ou de l'irrigation.

Faisons remarquer que la densité des jus fournis par les cannes véhiculées par les flumes est un peu diminuée par suite de la pénétration de l'eau dans les tissus de la canne et de la paille qui y adhère.

Au point de vue économique, le flume paraît être un mode de transport peu coûteux, surtout dans un pays où les cyclones sont inconnus et où l'on n'a pas à craindre l'écroulement de constructions si légères. Il y a aux îles Hawaï des plantations où le transport des cannes par eau se fait sur des distances variables de 5 à 9 milles.

Dans les parties de l'île Hawaï où il n'y a pas d'eau et où le sol présente une déclivité suffisante, on se sert de transporteurs par câble aérien d'un fonctionnement très satisfaisant. Le type de transporteur le plus employé est le *wire-rop* Horner, construit à Béricia (Californie) et à Terenton (New-Jersey).

Le coût du transport des cannes par les différents systèmes a été établi par les administrateurs de propriétés, chargés d'éclairer les planteurs hawaïens sur cette question ; ils ont établi les chiffres suivants qui montrent que c'est encore la voie ferrée qui est la plus économique.

Digitized by Google

Coût du transport des cannes nécessaires à la production d'une tonne de sucre (1.000 kg.)

		francs
Transport par	flume seul	36,15
»	wire-rope	34,73
»	traction et flume	34,35
»	charrettes et flume	34,15
»	chemin de fer	31,84
»	voie ferrée permanente	36,11
»	voie portative	23,11

Le chargement et le transport des cannes nécessaires pour fabriquer une tonne de sucre reviennent à 12 fr. 52 par tramway, en comprenant le matériel, l'amortissement, le personnel, etc. Ces détails se rapportent à l'unique usine qui ait consenti à les donner.

A la Louisiane on effectue le chargement à l'aide d'un derrick, sorte de grue stationnaire ou transportable, actionnée par un moteur à pétrole. Les cannes, réunies en gros paquets et maintenues par des fils de fer, sont élevées par la grue et chargées dans les voitures. Les fils de fer sont souvent remplacés par une sorte de griffe analogue à celle dont on se sert pour charger les foins. La figure 346 représente un engin de ce genre. Il se compose d'une paire de dents incurvées *cc* ; le système est suspendu à un câble en *a* et à un autre en *b* : lorsqu'on tire sur le câble attaché en *b*, les dents de la griffe s'écartent pour saisir les cannes entassées, puis, relâchant un peu ce câble, on enlève par le câble *a* la charge saisie par la griffe. Pour activer le travail, on peut suspendre à la grue autant de griffes qu'elle a de flèches.

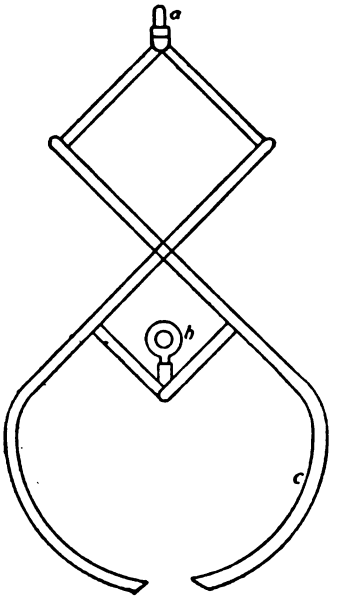


Fig. 346.

Le transport des cannes se fait exclusivement par traction animale dans les petites exploitations ; on se sert également de cette méthode dans les grandes exploitations pour amener les cannes à une station centrale de chargement. Sur les chemins des plantations, une mule

Digitized by Google

peut transporter environ 500 kg. à la vitesse de 2 km. à l'heure. On emploie également des attelages de bœufs.

Sur voie ferrée genre Decauville, il suffit de deux mules pour transporter 11 tonnes à la vitesse de 3 km. à l'heure ; il s'ensuit que dans ce genre de transport, la capacité d'une mule est de 15 à 20 fois plus élevée que dans la simple traction sur route.

A Demerara et dans les Straits Settlements, les cannes sont transportées exclusivement par halage sur canaux. On emploie à cet effet des bateaux à fond plat en bois avec caisse en tôle, longs d'environ 8 m. sur 2 m. 50 de large et 1 m. de profondeur, pouvant contenir chacun 3 à 5 tonnes de cannes. Une mule peut traîner quatre de ces chalands chargés, à une vitesse de 2-3 km. à l'heure. Le même système de transport est usité en Australie et dans certains districts de la Louisiane.

A l'île Maurice, les cannes sont transportées par chemin de fer ; elles sont amenées à la voie par voitures, pesées et chargées dans les wagons à l'aide de ponts roulants. Dans les districts accidentés, le transport se fait par câble sans fin à l'aide de treuils placés aux deux extrémités de la ligne, et supporté par des pilones placés tous les 60 m. Les treuils sont actionnés par la force motrice de l'usine.

DÉCHARGEMENT DES CANNES

Le déchargement des cannes présente moins de difficultés que le chargement : il se fait au moyen de dispositifs mécaniques d'une grande simplicité qui atteignent bien le but qu'on se propose.

Les constructeurs américains ont inventé des appareils pour décharger les wagons sur le transporteur des cannes aux moulins ; il suffit d'un homme pour le service de ces appareils qui peuvent fournir au moulin 1.000 t. de cannes en 22 heures. L'emploi de déchargeurs mécaniques présente le grand avantage non seulement de supprimer la main-d'œuvre, mais encore celui d'assurer l'alimentation régulière des moulins, ce qui est un point important pour la bonne marche de l'usine.

M. de Villèle décrit trois types de déchargeurs de cannes, employés aux îles Hawaï, savoir : celui de Greeg, qui est le plus anciennement connu et qui a été installé par son inventeur dès les premiers temps de sa construction ; celui de Wick, de date plus récente, qui est cons-

Digitized by Google

truit par les Honolulu Iron Works et coûte en fabrique 5.000 fr. Enfin, un troisième déchargeur est celui de James Ogg ; il est d'une grande simplicité et d'une construction facile.

Revenons au déchargeur Gregg. Il consiste en un assemblage de châssis triangulaires en acier, autour desquels tournent des chaînes présentant une certaine souplesse, et dont les chaînons (un sur deux) sont munis extérieurement d'un crochet. Le nombre des triangles dépend de la longueur des wagons à décharger. Quatre de ces triangles placés à la même distance les uns des autres suffisent pour un wagon de dix pieds de longueur. Les triangles pour décharger les cannes sont mûs simultanément de haut en bas au moyen d'un volant actionné par l'ouvrier qui se tient sur une plate-forme à la hauteur du wagon à décharger.

Le déchargement d'un wagon se fait comme suit : au moyen d'un levier à portée de sa main, l'ouvrier soulève les châssis triangulaires à une hauteur suffisante pour qu'on puisse pousser au-dessous d'eux un wagon chargé dont le côté se rabat vers le transporteur des cannes au moulin ; ensuite il les abaisse de manière que les crochets des chaînes, qui reçoivent alors leur mouvement de rotation, viennent en contact avec les cannes qu'elles font tomber sur les transporteurs. Au fur et à mesure que les cannes diminuent, le jeu des châssis descend jusqu'à ce que le wagon soit vide. Le déchargeur est actionné au moyen d'une courroie par une machine à vapeur ou par un moteur électrique.

Le déchargeur Wick est d'un agencement beaucoup plus simple. Il consiste en une fourche de 20 pieds de long, qui se déplace comme un pendule en dehors de son axe, ce qui permet de l'élever au-dessus des wagons chargés. En dehors de ce mouvement, il en existe un autre d'avant en arrière qui sert à retirer les cannes et à les faire tomber sur le transporteur. Le Wick a sur le Gregg l'avantage de se prêter à toutes les longueurs de wagons et d'être d'une mise en marche beaucoup plus facile.

Le système de déchargement usité à la Louisiane consiste à prendre les cannes par paquets à l'aide d'un grappin placé à l'extrémité d'un grand levier exécutant un mouvement circulaire qui lui permet de transporter sur la chaîne des moulins la charge de cannes qu'il a prises au milieu de l'amoncellement fait par le déchargement des charrettes.

Digitized by Google

Les systèmes qui sont actuellement le plus employés sont ceux désignés sous le nom de *link belt* et les basculeurs de wagons. Le premier est un chariot roulant qui enlève en une fois la charge d'un wagon ou d'un demi-wagon, et le transporte au-dessus d'une fosse où il la laisse tomber. Un puissant élévateur à crochets extrait la canne de la fosse et la déverse sur le transporteur qui alimente le moulin. Les basculeurs de wagons sont des plates-formes qui, lorsque le wagon y est calé, s'inclinent de bas en haut sur la fosse à cannes. Lorsque l'inclinaison est suffisante, on déclanche la partie arrière du wagon qui laisse alors glisser dans la fosse toute la charge de cannes qu'il contient. On ramène ensuite la plate-forme à sa position horizontale et remplace le wagon vide par un nouveau wagon chargé de cannes. L'enlèvement des cannes de la fosse se fait comme précédemment au moyen d'un élévateur à crochets très résistants, qui alimente le transporteur de cannes.

Digitized by Google

CHAPITRE IV

—

EXTRACTION DE JUS DE CANNES PAR LES MOULINS

APERÇU HISTORIQUE — DESCRIPTION DU MOULIN

Les Chinois furent les premiers qui eurent l'idée d'extraire le jus sucré de la canne. A cet effet, ils imaginèrent de la broyer entre deux forts cylindres verticaux en bois ou en pierre mis en mouvement par un manège. Ce moyen primitif ne leur fournit qu'un rendement de 40 % de jus ; ce fut le premier pas de l'extraction du jus pour la fabrication du sucre.

A une époque plus rapprochée de nous, on s'est efforcé de simplifier le procédé rudimentaire des Chinois.

La première machine que l'on employa pour le broyage des cannes se composait : d'une aire circulaire ayant au centre un arbre vertical servant de pivot, c'est-à-dire tournant sur lui-même ; à ce pivot était fixée une barre horizontale dont l'une des extrémités passait au centre d'une meule qui broyait la canne sur l'aire en tournant parallèlement avec le pivot central, et l'autre extrémité de l'arbre horizontal formant manège donnait le mouvement à la meule, soit au moyen d'attelage, soit par tout autre moyen alors en usage. La canne était posée sur l'aire et la meule venait la broyer dans son mouvement rotatoire ; le jus s'échappait par des rigoles ménagées dans l'aire et était recueilli au dehors. On comprend que ce mode de broyage ne pouvait donner qu'un faible rendement ; mais enfin il donnait déjà une idée du parti que l'on peut tirer de la canne à sucre.

Dans un voyage aux îles d'Amérique, en 1656, le père Labat décrit un moulin à 3 cylindres verticaux posés sur une plate-forme et sur une même ligne ; celui du centre, actionné par le vent ou l'eau, donnait le mouvement aux deux autres. Chacun de ces cylindres était

Digitized by Google

formé d'un tambour en bois de balatras, d'acconas ou de tout autre bois dur; ce bois était enfermé dans une enveloppe en fonte ou en fer de 2 pouces environ d'épaisseur, solidement fixée pour qu'il ne se produisît pas de gauchissement dans la marche.

Dans un autre passage, il décrit un moulin à eau dont les trois cylindres sont placés horizontalement l'un au-dessus de l'autre, celui du centre actionnant encore les deux autres.

Se basant sur ce système, Gonzales de Veloza imagina de changer la position des cylindres et de les placer en triangle ; deux inférieurs et un supérieur. Cette modification lui permit d'obtenir une plus grande somme de travail : les cannes amenées sur le moulin purent être broyées sur toute sa surface, avantage que ne pouvaient présenter les cylindres verticaux qui n'avaient d'action que sur une faible quantité de cannes, présentées sur une partie de la surface du rouleau.

Par suite, le broyage était plus régulier, plus complet, et l'extraction du jus fut augmentée considérablement. Ce mode d'extraction fut le point de départ et la base des moulins actuels, auxquels on n'a apporté jusqu'à ce jour que des modifications, sans aucun changement essentiel à leur montage et à leur marche ; on s'est seulement efforcé de supprimer les inconvénients que pouvaient présenter les cylindres verticaux, résultant de leur position et du peu de solidité de leur élévation.

En 1839, Péligot avait démontré que la canne contient 90 °/₀ de jus et 10 °/₀ de matières ligneuses, et que les nouveaux moulins à trois cylindres horizontaux alors en usage, permettaient d'obtenir un rendement de 50 à 65 °/₀, ce qui constituait une augmentation de 10 à 15 °/₀ en faveur du nouveau procédé d'extraction.

Autrefois la force motrice était fournie par l'eau, le vent ou les bêtes de somme ; ces moyens ne sont plus employés qu'en partie par les usines qui les ont à leur disposition.

Les moulins horizontaux se composent de trois cylindres placés en triangle, un supérieur et deux inférieurs, montés sur deux bâtis en fonte avec entretoises en fer horizontales et verticales donnant de la solidité aux bâtis.

Entre les deux cylindres inférieurs se trouve placée une servante dite bagassière, formant guide pour la conduite des cannes du premier rouleau, dit *roll à cannes*, au deuxième cylindre dit *roll à ba-*

Digitized by Google

gasse. Cette bagassière en fer, fonte ou tôle, doit avoir une surface légèrement concave parallèlement à la courbe du cylindre supérieur. L'angle supérieur formé par les lignes reliant le centre du cylindre supérieur aux centres des cylindres inférieurs, doit être aussi faible que possible de manière à réduire à son minimum la longueur de la bagassière ; il ne doit guère dépasser 80° surtout dans les grands moulins.

Si la bagassière est trop large, les cannes s'y entassent en faisant supporter à cette servante une pression énorme, ce qui augmente la dépense de force motrice par suite du frottement occasionné par l'engorgement, et diminue le travail en ce que la quantité de cannes qui passe au moulin est beaucoup plus faible.

La bagassière doit être d'un réglage facile, la partie touchant au roll à cannes doit s'y appliquer ; pour ce faire, il est bon d'adopter une disposition de liaison afin de permettre à la bagassière de suivre tout mouvement d'avance ou de recul donné au cylindre, il doit se trouver à son bord opposé un espace libre pour l'écoulement du vesou. On avait employé d'abord des bagassières en tôle perforée ; mais ces appareils présentaient des inconvénients, les trous se bouchant très facilement et l'appareil offrant une faible résistance.

Le dérangement de la bagassière mal assujettie et supportant une trop grande pression par suite de l'entassement de la bagasse, fait « brouter » le moulin, c'est-à-dire occasionne des trépidations qui souvent amènent la rupture des cylindres ou des bâtis.

Ces bâtis sont construits en fonte avec entretoises en fer extérieures et intérieures pour augmenter leur force de résistance. Ils doivent offrir la plus grande commodité pour l'enlèvement des cylindres.

On donne quelquefois aux cylindres des rainures peu profondes afin de donner plus de facilité pour l'appel des cannes et pour le broyage de la bagasse. Leur diamètre doit être aussi grand que possible afin d'augmenter la durée utile des pressions, de faciliter l'entraînement dans les cylindres d'entrée et d'éviter la réabsorption du jus aux cylindres de sortie.

Les arbres qui les traversent doivent être du plus fort calibre ; ils doivent être en acier et emmanchés à la pression hydraulique.

La vitesse des cylindres ne doit pas dépasser une vitesse de 3 m. 50 par minute.

Aux cylindres s'applique ce qu'en terme d'atelier on est convenu

Digitized by Google

d'appeler le réglage du moulin, qui a pour but de donner la plus grande somme de travail régulier avec une pression constante et régulière.

Le problème est dans l'écartement des cylindres, qui varie selon la vitesse, le diamètre des rouleaux et le plus ou moins de dureté de la canne.

Ainsi, un moulin ayant des cylindres de 0 m. 800 de diamètre sur 1 m. 600 de longueur, actionné par une machine de 55 chevaux fournira un travail journalier de 240 à 250.000 kg. de cannes.

Le rouleau à cannes qui fournit la pression préparatoire doit naturellement avoir un écartement plus grand que le roll à bagasse qui

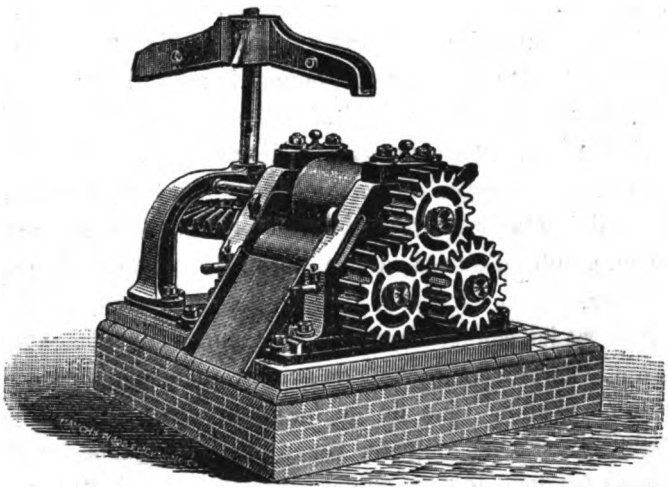


Fig. 347. — Moulin à 3 cylindres mû par traction animale.

donne la pression définitive et qui agit sur une matière déjà broyée.

Un exemple cité par Riffard servira de comparaison :

1° Un moulin régulièrement alimenté, commandé par une machine de 40 chevaux ayant des cylindres de 1 m. 500 de longueur sur 0 m. 800 de diamètre, écartés de 21 mm. pour la canne et de 7 mm. pour la bagasse pourra broyer 300.000 kg. de cannes en 20 heures, soit 15.000 kg. à l'heure.

2° Le même moulin pour la même nature de cannes, avec un écartement des cylindres de 9 mm. pour la canne et de 3 mm. pour la bagasse, ne donnera dans le même espace de temps que 180 à 200.000 kg. de cannes, soit donc une différence de 100 à 120.000 kg.

En dehors des conditions générales établies plus haut, la bonne

Digitized by Google

marche d'un moulin dépend : 1° du mode d'alimentation des cannes ; 2° du réglage de la bagassière.

On ne saurait apporter trop de soins à l'installation d'un moulin, celui-ci étant l'organe principal d'une usine, car la moindre rupture dans un de ses organes principaux entraîne un chômage assez long, malgré les pièces de rechange que l'on doit toujours avoir à sa disposition ; le démontage, la réparation et le remontage exigeant beaucoup de temps.

CONDUCTEUR DE CANNES

Comme nous l'avons dit, les cannes dépouillées et coupées sur le champ, arrivent à l'usine soit par charrettes, soit par wagons.

Le déchargement doit se faire autant que possible directement sur le conducteur de cannes, pour économiser la main-d'œuvre et gagner du temps. Pour le service de nuit, les cannes devront être mises en piles, arrimées en hauteur sur une petite surface et à la portée de la main des ouvriers chargés d'alimenter le conducteur pendant la nuit.

La canne doit être répandue uniformément sur le conducteur, afin d'arriver au moulin d'une façon régulière ; de cette manière on évite les bourrages.

Pour amener les cannes au moulin et assurer son alimentation régulière, on se sert du conducteur de cannes qui se compose :

1° De deux chaînes sans fin de longueur égale, à maillons plats reliés entre eux par des anneaux venant engrener dans les dents de deux roues à facettes, placées de chaque côté du conducteur ;

2° De planchettes en bois mobiles logées dans les maillons ;

3° De galets rotatifs soutenant les chaînes au départ et au retour et favorisant ainsi l'entraînement.

4° De deux roues à facettes et à dents, placées à l'entrée de la servante et actionnées par le moulin.

5° De deux autres roues semblables placées à l'extrémité du conducteur et qui, montées sur des tendeurs à glissière, permettent de régler la tension des chaînes ;

6° D'un débrayage à cône de frottement interne adapté à la roue motrice, et permettant d'arrêter momentanément la marche du conducteur lorsque la canne arrive trop vivement au moulin. Ce débrayage se compose de deux roues dont l'une, légèrement conique à sa partie intérieure, reçoit l'autre qui est également conique mais à sa

Digitized by Google

partie extérieure, et l'entraîne avec elle par un système de serrage de levier ou de vis. Ce système de débrayage doit se trouver à portée de la main de l'ouvrier chargé de la conduite du moulin.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT LES MOULINS

L'homme chargé de l'arrivée de la canne au moulin doit veiller à ce que la canne se présente régulièrement sur toute la surface du cylindre ; si les cannes arrivent couchées, c'est-à-dire parallèlement aux cylindres, elles tournent sur elles-mêmes à l'entrée du roll à cannes sans être prises par lui ; une trop grande arrivée de cannes cause des engorgements, fait « brouter » le moulin et cause des trépidations qui peuvent causer la rupture des cylindres ou celle des bâtis.

Pour assurer l'alimentation régulière des moulins, on place les cannes à la main sur le transporteur. Lorsqu'on met en œuvre des cannes qui ont versé dans les champs, par conséquent plus ou moins déformées et difficiles à ranger uniformément, on installe souvent en travers du transporteur un cylindre muni de couteaux qui les réduisent en fragments et facilitent leur distribution dans le transporteur.

La bagassière elle-même en se dérangeant peut donner lieu à de graves inconvénients : elle s'engorge, augmente le frottement et, par suite, la dépense de la force motrice ; on devra donc veiller à ce qu'elle soit toujours bien placée et qu'elle n'ait pas à supporter de trop fortes pressions.

L'homme chargé de l'arrivée de la canne au moulin veillera aussi à ce qu'il ne se glisse pas avec les cannes des morceaux de fer ou d'acier, qui occasionneraient immédiatement la rupture des cylindres; la malveillance n'y est souvent pas étrangère, mais quelquefois l'inattention des ouvriers chargeant les charrettes ou wagonnets en est aussi la cause.

A la sortie du roll à bagasse un homme est spécialement chargé de retirer les cannes mal broyées et de les rejeter sur le moulin pour y être repassées à nouveau.

Le moulin est mis en marche par un mouvement d'engrenages droits, monté sur cadre en fonte et assises de pierre ou de maçonnerie (fig. 348). Ce mouvement d'engrenages est actionné par une machine à vapeur horizontale ou par une machine à balancier.

Digitized by Google

Quel que soit le système employé, ces machines sont munies d'une coulisse de Stephenson pour le renversement de vapeur et la contre-marche, ce qui permet au machiniste de lancer sa machine ou, au cas

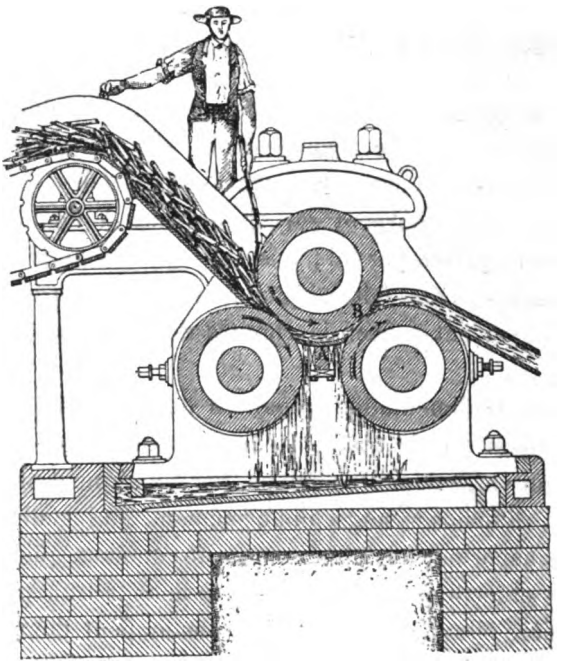


Fig. 348. — Coupe du moulin à trois cylindres.

ou le roll à cannes serait engorgé, de faire machine en arrière jusqu'à ce que tout embarras soit écarté ; il reprendra alors, avec modération d'abord, sa marche en avant.

Calcul de la pression des moulins. — Dans une usine où le travail se fait sans imbibition il est facile de se rendre compte de l'extraction du jus.

Connaissant le poids de la canne travaillée, le volume du vesou et sa densité, on aura :

Soit P la pression ou l'extraction,

C le poids de la canne,

V le volume du vesou,

D la densité de ce vesou :

$$P = \frac{(V \times D)\,100}{C}$$

Digitized by Google

MOULINS RÉPRESSEURS AVEC IMBIBITION

Autrefois, la canne ne subissait qu'un seul broyage, et le jus ainsi extrait était envoyé à la concentration. Mais, comme la bagasse contenait encore une importante proportion de sucre, qui était perdu, on imagina de recueillir la bagasse à la sortie du deuxième cylindre et de la faire passer une seconde et même une troisième fois entre les

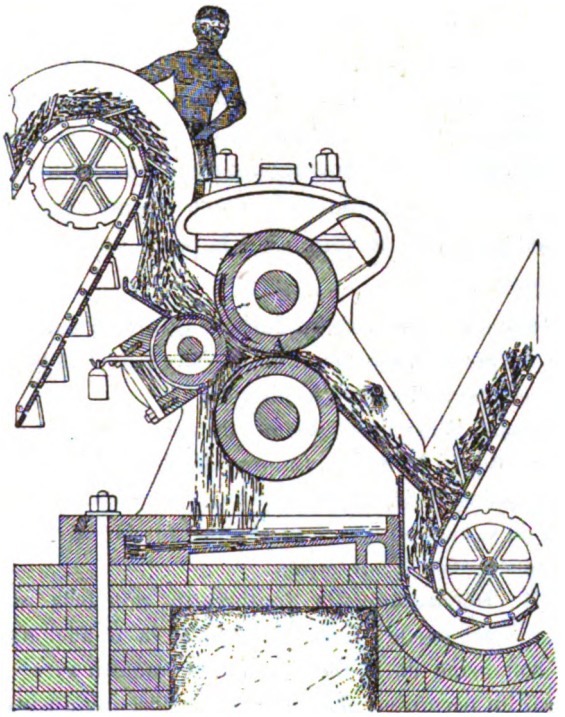


Fig. 349. — Coupe du moulin de repression, système Rousselot.

cylindres du moulin. Dans la suite on installa, à cet effet, un second et un troisième moulin.

Quand on emploie la double ou la triple pression, on place le moulin le plus puissant en tête, de manière à extraire 65 °/₀ du jus de la canne et à n'en laisser que 25 °/₀ dans la bagasse dont la teneur en fibre est en moyenne de 10 °/₀. Les moulins suivants peuvent encore extraire une certaine partie du jus de la bagasse, mais il est évident que la pression la plus puissante ne saurait en extraire la totalité. Eu égard à la présence d'eau colloïdale dans la fibre, le jus restant dans la bagasse n'aura pas la même densité que le jus extrait, mais comme

Digitized by Google

il contient encore du sucre, sa non-extraction donne lieu à une perte inévitable. Pour augmenter l'extraction du jus et diminuer dans la mesure du possible la quantité de sucre restant dans la bagasse, on a recours à différents moyens dont la pratique a sanctionné l'efficacité, tels que l'imbibition de la bagasse et l'emploi de défibreurs destinés à favoriser cette opération.

IMBIBITION

Si on arrose d'eau la bagasse sortant du premier ou du second moulin, on dilue le jus qu'elle contient, et si l'on soumet cette bagasse imbibée à une nouvelle pression, on obtient une nouvelle quantité de jus, quoique celui-ci soit moins riche en sucre que le jus normal. Il s'ensuit que l'imbibition permet d'améliorer sensiblement l'extraction et, par suite, de diminuer la perte de sucre dans la bagasse.

Ce fut en 1840 qu'on eut d'abord l'idée de saturer d'eau chaude la bagasse sortant du premier moulin et de la faire passer sous des rouleaux presseurs immédiatement après l'imbibition.

En 1858 Léonard Wray décrit un moulin à deux jeux de rouleaux pouvant donner de 70 à 75 % de jus. Ce procédé, désigné sous le nom de saturation, fut le point de départ de nombreux perfectionnements apportés au traitement de la bagasse par l'eau chaude ou par la vapeur et connu aujourd'hui sous le nom d'*imbibition*.

En 1875, M. Duchassaing de Fontbressin remporta une prime de 100.000 francs votée par le Conseil général de la Guadeloupe pour avoir installé dans son usine de la Guadeloupe un moulin avec deux couples represseurs qui lui permirent d'augmenter l'extraction du jus et d'obtenir 1,50 % de sucre en plus. Ce fut le meilleur résultat obtenu jusqu'alors.

Pour obtenir un bon travail il faut veiller à ce que la pression soit toujours régulière et constante aux moulins, que la bagasse soit bien divisée à sa sortie, que l'alimentation des chaînes soit uniforme, que l'imbibition soit faite sur toute la surface du cylindre et répartie également.

Les chaînes doivent être entretenues dans le plus grand état de propreté, débarrassées des amoncellements de bagasse. Pendant le repos du moulin, il sera nécessaire de laver le conducteur avec du lait de chaux pour prévenir toute fermentation.

Comme nous venons de le dire, le procédé d'imbibition fut l'objet

Digitized by Google

de perfectionnements successifs. On distingue actuellement l'imbibition simple, l'imbibition double et l'imbibition mixte.

Imbibition simple. — Ce terme désigne le procédé dans lequel les cannes, après un broyage convenable, sont arrosées d'eau une fois et broyées ensuite de nouveau.

La bagasse sortant du moulin presseur qui l'a dépouillée de la majeure partie du jus, absorbe l'eau avec une extrême facilité et se gonfle en vertu de son élasticité propre. Comme la pression des cylindres a détruit les parois des cellules saccharifères, l'eau d'imbibition y pénètre aisément et dilue le jus qu'elle contient encore ; ce jus extrait dans le moulin suivant subit donc une dilution en conséquence. Un exemple donné par Prinsen Geerligs [1] fera bien comprendre ce point.

Supposons que dans une sucrerie travaillant avec trois moulins on pratique l'imbibition à 15 % d'eau du poids de la canne, et que cette eau soit ajoutée à la bagasse sortant du deuxième moulin et ayant perdu 72 % du jus de la canne. Cette bagasse contient donc encore 18 % de jus.

Si on la soumet alors à la pression dans le troisième moulin, qui ramène son humidité au même taux que celui qu'elle avait en sortant du deuxième moulin, on obtiendra le résultat suivant en supposant que le jus et l'eau d'imbibition aient été complètement mélangés dans la bagasse : celle-ci contenait 18 % de jus, on y a ajouté 15 % d'eau; elle contient donc après imbibition $18 + 15 = 33$ % de jus dilué, dont 18/33 de jus non dilué. Cette bagasse, broyée dans le troisième moulin, est ramenée à 18 % de jus ; on en a donc extrait 15 % de jus dilué, correspondant à $\frac{18}{33} + 15 = 8{,}2$ % de jus du poids de la canne qui, sans le secours de l'imbibition, eût été perdu.

Cependant, le court espace de temps que met la bagasse pour franchir la distance qui sépare le moulin d'où elle sort et celui où elle pénètre, ne permet pas à l'eau d'imbibition de se mélanger complètement avec le jus restant dans la bagasse. Admettons un mélange de 80 %. Ces 80 % de jus dans la bagasse représentent donc $\frac{18 \times 80}{100} = 14{,}4$ % de jus initial mélangé avec 15 parties d'eau ; ces $14{,}4 + 15 = 29{,}4$ parties de jus dilué contiennent chacune $\frac{14{,}4}{29{,}4}$ parties de jus

[1] Prinsen Geerligs. — *Cane Sugar Manufacture.*

Digitized by Google

initial de la canne. Donc, 15 parties de jus extrait contiennent $\frac{14,4}{29,4} \times 15 = 7,35$ parties de jus initial au lieu de 8,2 qu'on aurait obtenues si le mélange de l'eau d'imbibition et du jus dans la bagasse avait été complet.

Le tableau ci-dessous de M. Noel Deerr donne l'extraction due à l'imbibition et l'extraction totale, en supposant que la bagasse contient 45 % de fibre dans le cas de broyage à sec, et 50 % dans le cas de broyage après imbibition.

On suppose également que l'eau est mélangée complètement avec le jus résiduel dans la bagasse, et que ce dernier contient 0,85 de sucre du jus obtenu par la pression sèche.

Table de M. Noel Deer indiquant l'extraction maximum qu'on peut obtenir par une imbibition simple, en supposant que l'eau d'imbibition se mélange complètement avec le jus dans la bagasse. La bagasse obtenue par pression à sec contenant 45 % de fibre, et celle obtenue avec pression par imbibition en contenant 50 %. L'extraction due à l'imbibition est indiquée par les chiffres les plus petits, l'extraction totale par les chiffres les plus élevés.

Fibre % de cannes	Eau ajoutée % de cannes								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
10,0	6,04	6,95	7,58	8,04	8,39	8,66	8,88	9,07	9,22
	95,05	95,96	96,59	97,05	97,40	97,67	97,89	98,08	98,23
10,5	6,36	7,33	8,00	8,50	8,88	9,18	9,41	9,61	9.80
	94,59	95,56	96,23	96,73	97,11	97,41	97,64	97,84	98,03
11	6,68	7,71	8,44	8,98	9,39	9,72	9,99	10,21	10,40
	94,10	95,13	95,86	96,40	96,81	97,14	97,41	97,63	97,80
11,5	6,97	8,07	8,85	9,43	9,87	10,23	10,51	10,76	10,96
	93,61	94,71	95,49	96,07	96,51	96,87	97,15	97,40	97,60
12	7,28	8,44	9,27	9,89	10,37	10,75	11,07	11,33	11,55
	93,10	94,26	95,09	95,71	96,19	96,57	96,89	97,15	97,37
12,5	7,58	8,81	9,68	10,34	10,86	11,27	11,61	11,89	12,13
	92,58	93,81	94,68	95,34	95,86	96,27	96,61	96,89	97,13
13	7,87	9,17	10,09	10,80	11,35	11,70	12,15	12,45	12,71
	92,04	93,34	94,26	94,97	95,52	95,96	96,32	96,62	96,88
13,5	8,17	9,52	10,50	11,24	11,82	12,29	12,68	13,00	13,27
	91,51	92,86	93,84	94,58	95,16	95,63	96,02	96,34	96,61
14	8,46	9,87	10,90	11,68	12,30	12,80	13,21	13,55	13,85
	90,96	92,37	93,40	94,18	94,80	95,30	95,71	96,05	96,35

Ce tableau montre que la quantité de sucre obtenu grâce à l'imbibition décroît rapidement par rapport à la quantité d'eau employée ; en outre, qu'avec l'accroissement de la teneur en fibre de la canne

Digitized by Google

augmente également l'extraction due à l'imbibition, d'où il suit que lorsqu'on met en œuvre des cannes à teneur élevée en fibre, on doit attacher une grande importance à ce que l'imbibition soit faite avec soin ; on devra de même doser autant que possible la fibre dans la canne mise en œuvre.

Double imbibition. — Dans ce procédé, l'eau d'imbibition est ajoutée en deux portions : une partie après le premier moulin et l'autre après le deuxième quand on se sert d'un moulin à 9 cylindres.

Table de M. Noel Deer montrant l'extraction maximum qu'on peut obtenir par double imbibition avec mélange complet de l'eau ajoutée; la bagasse obtenue par le broyage sec contenant 45 % de fibre et celle obtenue par broyage après imbibition 50 % de fibre.

Les chiffres les plus petits indiquent l'extraction due à l'imbibition, les plus grands l'extraction totale.

Fibre % de cannes	Eau ajoutée % de cannes			
	20	30	40	50
10	8,51 97,52	9,37 98,38	9,85 98,86	10,15 99,16
10,5	9,00 97,23	9,94 98,17	10,47 98,70	10,80 99,03
11	9,49 96,91	10,52 97,94	11,11 98,53	11,48 98,90
11,5	9,94 96,58	11,06 97,70	11,71 98,35	12,12 98,76
12	10,42 96,24	11,63 97,45	12,34 98,16	12,79 98,61
12,5	10,88 95,88	12,19 97,19	12,95 97,95	13,45 98,45
13	11,33 95,50	12,74 96,91	13,57 97,74	14,11 98,28
13,5	11,78 95,12	13,28 96,62	14,18 97,52	14,66 98,00
14	12,23 94,73	13,82 96,32	14,78 97,28	15,41 97,91

Dans ce cas cependant on n'en retire pas un avantage bien grand, car la bagasse sortant du premier moulin est insuffisamment broyée pour absorber l'eau d'imbibition. Mais le procédé devient excellent avec un moulin de 12 cylindres, l'eau d'imbibition étant alors ajoutée en partie après le second et en partie après le troisième moulin. Dans la mise en œuvre d'une canne à 10 % de fibre, broyée à sec jusqu'à 45 % de fibre, additionnée de 10 % d'eau avec mélange complet et

Digitized by Google

broyée ensuite jusqu'à 50 % de fibre, on obtient une extraction de 95 % (voir la table ci-dessus), laissant dans la bagasse 5 %. Si à cette bagasse on ajoute 10 d'eau % du poids de la canne avec mélange complet, et si on presse ensuite cette bagasse à 50 % de fibre, on obtient le sucre restant par la formule suivante de M. Noel Deerr : $\frac{eb}{f+eb-fb}$. En substituant on a $f = 0{,}10$, $b = 0{,}50$ et $e = 0{,}10$ et on obtient comme résultat 0,5. Des 5 parties de sucre qui restaient dans la bagasse on a donc extrait 2,5 et l'extraction totale devient 95,0 + 2,5 = 97,5 contre 96,6 qu'on obtenait en ajoutant l'eau d'imbibition en une seule fois. La possibilité d'ajouter cette eau en deux fois constitue donc un sérieux argument en faveur du moulin à 12 cylindres.

Dans la table de la page 440 l'auteur a calculé l'extraction maximum qu'on peut obtenir avec un moulin de 12 cylindres en employant la double imbibition et en supposant que l'eau, ajoutée par moitié après le second et après le troisième moulin, se mélange complètement avec le jus dans la bagasse. La bagasse résultant du broyage sec est supposée contenir 45 % de fibre, et la bagasse broyée après imbibition 50 % de fibre.

Imbibition avec retour du jus dilué du dernier moulin. — Dans certaines sucreries de cannes, la bagasse est imbibée entre le premier et le deuxième moulin avec le jus dilué obtenu au dernier moulin, et avec de l'eau pure entre le deuxième et le dernier moulin. Tout le jus venant du dernier moulin est donc versé sur la bagasse sortant du premier moulin, tandis que le jus obtenu du premier et du deuxième moulin est envoyé à la défécation. Cette méthode d'imbibition avec le jus du dernier moulin n'est applicable qu'autant que la pression du premier moulin soit assez énergique pour donner à la bagasse une élasticité et un pouvoir absorbant convenables. Une pression trop faible ne fait qu'écraser les cannes, mais ne les désagrège pas suffisamment pour qu'elles puissent absorber le jus du dernier moulin. Dans ce cas, le jus sucré dont on arrose la bagasse est extrait de nouveau par le deuxième moulin sans avoir dilué le jus initial qui y est contenu et, ce qui est pis, il coule à travers les planches du transporteur et vient se répandre sur le sol.

L'emploi du coupe-cannes Ross et des défibreurs, qui seront décrits plus loin, permettent d'obtenir dès le premier moulin une ba-

Digitized by Google

gasse spongieuse, capable d'absorber aisément le jus du troisième moulin. L'emploi de ces machines pour le traitement préparatoire de la canne permet non seulement d'imprimer au travail une grande rapidité et de diminuer les risques de rupture des organes, mais encore d'améliorer sensiblement l'extraction du jus sans augmenter sa dilution.

Muller von Czernicky [1] a obtenu les résultats suivants en employant le procédé de macération avec le jus du dernier moulin. Pendant 14 jours consécutifs la canne fut broyée à l'aide d'un jeu de trois moulins à trois cylindres et la bagasse imbibée alternativement un jour avec de l'eau et le lendemain avec le jus du dernier moulin. On a fait en sorte d'écraser chaque jour la même quantité de cannes de même nature. L'une et l'autre méthodes donnèrent de bons résultats, ainsi que le prouve l'uniformité de composition du jus du premier moulin et la constance de la teneur en fibre de la canne et de la bagasse (voir le tableau page 443).

On voit que par l'imbibition du jus du dernier moulin on introduit 2,5 °/₀ de moins d'eau et qu'on perd moins de sucre dans la bagasse que par l'imbibition avec de l'eau seule.

Dans ce procédé l'eau d'imbibition est utilisée deux fois : une fois sous forme de jus du dernier moulin et une fois sous forme d'eau entre le second et le troisième moulin pour réduire le jus laissé dans la seconde bagasse à la faible densité qu'il a en sortant du dernier moulin.

Toutefois, le procédé d'imbibition a des limites, et son emploi pour extraire tout le sucre de la canne ne serait pas économique, car la dépense de combustible qu'entraînerait l'évaporation des quantités d'eau d'imbibition absorberait et au delà la valeur du sucre extrait en plus. En outre, l'imbibition et la pression réitérées ont pour effet d'extraire de la fibre toutes sortes d'impuretés qui passent dans le jus et le rendent difficile à clarifier. Enfin, comme la bagasse retient énergiquement les dernières traces de saccharose, le mélange de l'eau d'imbibition avec le jus dans la bagasse est de plus en plus incomplet à mesure que l'imbibition augmente. Il s'ensuit que si l'on augmente la quantité d'eau d'imbibition, on n'augmente pas dans la même proportion l'extraction du sucre.

A Java, l'imbibition est généralement comprise entre 12 et 16 °/₀ ;

[1] *Archiev voor de Java Suiker industrie*, 1899, 170.

Digitized by Google

une imbibition de 20 % ne donne pas une extraction aussi élevée qu'on pourrait le croire. La bagasse à Java contient environ 4,5 % de sucre.

Macération avec de l'eau.

Brix du jus normal	Brix du jus mélangé	Macération	Brix du jus du dernier moulin	Saccharose dans la bagasse	Substance sèche dans la bagasse	Fibre dans la bagasse	Fibre dans la canne	Perte de saccharose % de cannes
17,7	15,7	12,5	7,16	4,07	55,0	48,0	11,05	0,97
17,3	15,2	14,0	6,54	4,03	54,7	47,5	10,9	0,92
17,5	15,2	15,5	6,35	3,90	55,8	47,3	11,2	0,92
17,3	15,3	12,7	6,50	3,97	56,4	46,6	10,7	0,91
17,7	15,5	13,9	6,51	4,09	55,8	47,5	11,1	0,95
17,6	15,6	12,7	6,49	4,02	56,9	47,8	10,8	0,91
17,5	15,2	15,2	6,37	4,03	56,1	47,6	10,7	0,91
17,6	15,3	15,2	6,40	4,08	54,5	47,2	11,5	0,99
17,7	15 9	18,7	6,32	4,05	55,0	47,4	11,0	0,94
17,5	15,3	14,5	6,51	4,02	55,6	47,4	11,0	0,94

Macération avec le jus du dernier moulin.

Brix du jus normal	Brix du jus mélangé	Macération	Brix du jus du dernier moulin	Saccharose dans la bagasse	Substance sèche dans la bagasse	Fibre dans la bagasse	Fibre dans la canne	Perte de saccharose % de cannes
17,4	15,3	13,5	5,69	3,77	55,9	47,4	11,2	0,89
17,5	15,7	11,0	6,38	3,88	56,1	48,3	11,1	0,89
17,6	15,8	11,3	6,40	4,00	55,8	48,4	11,2	0,92
17,6	15,9	10,7	6,52	4,03	56,1	47,6	11,0	0,93
17,3	15,4	12,4	6 37	4,10	56,4	47,8	11,0	0,94
17,4	15,4	13,1	6,27	3,95	55,5	48,1	11,1	0,91
17,5	15,6	12,0	6,27	3,76	55.7	17,6	11,0	0,91

A Hawaï, l'imbibition de la bagasse s'opère dans des proportions très variables, allant de 10 à 49 % du jus dilué, et l'extraction atteint 93 à 96 %. De la comparaison faite entre les moyennes de 18 usines qui font le retour du jus et celles de 8 usines qui ne le font pas, il résulte d'après Noël Deerr [1] que le premier mode d'extraction donne un excédent appréciable. Voici les chiffres :

	Usines faisant le retour du jus	Usines ne faisant pas le retour du jus
Fibres %	12,09	12,45
Extraction	93,82	93,10
Eau ajoutée % de cannes	25,97	21,37
Jus mélange % de cannes	100,97	96,80

[1] Cité par M. de Villèle.

Digitized by Google

Le même auteur, en opérant sur des cannes ayant la même teneur en fibres, ce qui rend la comparaison parfaitement exacte, a trouvé que le retour du jus produisait une augmentation plus grande de l'extraction quand il se servait d'eau chaude. On a remarqué, en outre, qu'en multipliant les pressions ou plutôt l'écrasement des cannes entre les cylindres successifs, on augmentait également l'extraction.

Comparaison du travail des moulins à 12 et 15 cylindres.

Dates 1910	Nombre de cylindres	Sucre	Bagasse Eau	Extraction % du sucre de la canne	Différence	Tonnes écrasées
8/2. . . .	12	2,88	50,77	94,2		65,7
8/2. . . .	15	2,27	45,71	96,2	1,83	65,7
9/2. . . .	12	2,93	50,28	94,25		66,5
9/2. . . .	15	2,70	46,41	96,09	1,84	66,5
10/2. . . .	12	2,78	51,60	94,63		62
10/2. . . .	15	2,22	46,87	96,13	1,50	62

D'une étude faite par M. Noël Deer touchant l'influence de la structure de la canne sur le travail des moulins, il ressort qu'en augmentant le nombre des cylindres par lesquels passent la canne et la bagasse, on diminue la quantité d'eau à ajouter à la bagasse. Ainsi, à teneur égale en fibres, un moulin à 12 cylindres écrasant 50 tonnes de cannes à l'heure donnera, avec une dilution de 12 %, autant d'extraction qu'un moulin de 9 cylindres écrasant 35 tonnes et exigeant 34 % d'eau d'imbibition.

Dans la plupart des usines, on emploie pour l'imbibition de la bagasse l'eau des derniers lavages des filtres-presses ; cette eau peut contenir des traces de sucre, mais elle ne paraît pas de nature à diminuer le taux de l'extraction.

Faut-il faire l'imbibition par l'eau chaude ou par l'eau froide ? — Ce sujet a fait l'objet de nombreuses discussions. Bien que l'eau chaude ait l'inconvénient de dissoudre et d'introduire dans le jus beaucoup plus de matières gommeuses de la canne, il y a des raisons d'ordre pratique qui militent en sa faveur. L'eau froide dont on dispose généralement est sale et ne saurait être employée sans une filtration préalable ; elle a l'inconvénient d'obstruer rapidement les tuyaux qui l'amènent sur la bagasse et les ouvertures d'arrosage. Pour toutes ces raisons, il est préférable d'employer de l'eau

Digitized by Google

chaude de condensation, qu'on élève à l'aide d'une pompe pour lui donner de la pression et la projeter avec une certaine force sur la bagasse.

On a prétendu que l'eau chaude se mélange d'une manière plus intime avec le jus dans la bagasse que l'eau froide, et qu'elle produit dans les cellules de la bagasse une sorte de diffusion qu'on n'obtiendrait pas avec l'eau froide. Mais l'examen microscopique démontre que toutes les cellules de la canne sont brisées par le broyage du premier moulin ; il s'ensuit que l'eau froide pénètre dans ces cellules aussi facilement que l'eau chaude. D'ailleurs, des expériences comparatives de macération avec de l'eau chaude et de l'eau froide, faites par Muller von Czernicki, ont donné identiquement les mêmes résultats tant au point de vue de l'épuisement de la bagasse qu'à celui de la pureté des jus après défécation. On peut donc se servir indifféremment d'eau froide ou d'eau chaude pour la macération ; seules des raisons d'ordre pratique obligent de donner la préférence à l'eau chaude.

Dans une usine où l'eau ajoutée à la sortie du deuxième moulin provenait des caisses du triple effet et n'était pas refroidie au préalable, on avait constaté que le cylindre du moulin cessait parfois d'adhérer à son axe. On attribua cet accident à la dilatation de la fonte. Pour y remédier, on prit la précaution de refroidir quelque peu l'eau d'imbibition, et depuis ce jour le fait ne s'est plus reproduit (de Villèle).

L'eau d'imbibition est amenée sur la bagasse à l'aide d'une pompe ou d'un injecteur Kœrting, qui la distribue sous forme de pluie au moyen d'un tuyau perforé.

Quand on fait l'imbibition avec le jus du dernier moulin, qui est chargé de débris de fibre, il vaut mieux l'amener sur la bagasse par une gouttière ouverte, inclinée.

Les points essentiels à observer dans les procédés d'imbibition sont les suivants :

1° L'eau doit être distribuée uniformément sur la bagasse ;

2° L'eau doit pénétrer dans la bagasse. A cet effet, elle doit être sous une pression suffisante pour pénétrer jusque dans les couches inférieures. On peut, au besoin, installer un tuyau arrosant la bagasse par le dessous afin de compléter l'arrosage par le dessus.

3° La bagasse doit être broyée finement pour bien absorber l'eau ;

Digitized by Google

d'une façon générale, un premier broyage est insuffisant pour l'amener à une finesse suffisante.

4° On obtient une extraction plus grande lorsque l'imbibition se fait en deux phases (double imbibition).

5° Comme le mélange du jus et de l'eau dans la bagasse ne se fait pas instantanément, il faut faire en sorte de laisser s'écouler le plus de temps possible entre deux broyages successifs.

6° Tout l'effet de l'imbibition dépend de la perfection du mélange.

Rentrées des mélasses à l'imbibition de la bagasse. — Pour nous rendre compte des avantages que peut procurer la rentrée des mélasses sur la bagasse, à épuiser de son sucre, nous avons effectué une série d'essais au moyen d'un petit moulin de laboratoire qui écrasait parfaitement la canne. La mélasse que nous avons diluée pour faire l'imbibition avait la composition suivante pour 100.

Matières sèches	= 82,5
Sucre	= 25,95
Pureté	= 31,45

Nous avons pris 2 kg. de cannes que nous avons passées au moulin après les avoir coupées et divisées pour en faciliter le broyage. Le jus extrait fut recueilli et mis à part, la bagasse obtenue fut repassée une 2e fois au moulin afin d'obtenir un broyage plus complet, comparable à ce que l'on obtient dans la pratique avec un défibreur précédant le 1er moulin. Le jus provenant de cette 2e pression fut ajouté à celui de la 1re pression, ce qui donna 1.400 gr. de jus et 600 gr. de bagasse. La moitié de la bagasse, soit 300 gr., fut imbibée avec 75 gr. de dilution, à 22 Brix, de la mélasse ayant la composition indiquée plus haut ; après mélange intime le tout fut passé au moulin qui donna 235 gr. de la bagasse et 140 gr. de jus. Les 235 gr. de bagasse de cette 3e pression furent imbibés à nouveau avec 75 gr. de la dilution de mélasse à 22 Brix et après mélange intime un 4e passage au moulin donna 210 gr. de bagasse et 100 gr. de jus. Les 1.500 grammes de jus normal de la canne provenant des deux premières pressions donnèrent à l'analyse pour 100 de jus les résultats suivants :

Matières sèches	= 18,1
Sucre	= 15,8
Pureté	= 87,30

On préleva 700 gr. du jus normal, correspondant à 1 kg. de cannes, qui furent additionnés des 140 gr. du jus de la 1re imbibition à

Digitized by Google

la mélasse et des 100 gr. extraits après la 2e imbibition à la mélasse.

Les 940 gr. provenant du mélange des 3 jus ci-dessus donna à l'analyse pour 100 gr. de jus les résultats suivants :

Matières sèches.	= 18,45
Sucre	= 14,85
Pureté	= 80,5

Si nous avions pratiqué l'imbibition à l'eau au lieu de nous servir de mélasse diluée, nous aurions eu 940 gr. de jus dilués correspondant à 770 gr. de jus normal ; en y ajoutant les 40 gr. de mélasse correspondant aux 150 gr. dilués à 22 Brix la composition du jus obtenu aurait été la suivante :

Matières sèches $= \frac{77 \times 18,3 + 4 \times 82,5}{98}$	= 17,6
Sucre $= \frac{77 \times 15,8 + 4 \times 25,95}{98}$	= 13,5
Pureté	= 76,7

au lieu de 80,5 pour la pureté du jus obtenu en mettant les 40 gr. de mélasse dans l'eau d'imbibition. La bagasse imbibée à la mélasse diluée a donc retenu une importante quantité du non-sucre de la mélasse après le 4e passage au moulin. Cette bagasse finale renfermait 5,2 °/₀ de sucre et 43 °/₀ d'eau. On peut conclure de ces essais que l'imbibition à la mélasse diluée augmente l'extraction en sucre et diminue la quantité finale de mélasse °/₀ de cannes tout en laissant plus de combustible dans la bagasse que l'imbibition à l'eau.

Contrôle du broyage et de l'imbibition. — Il est indispensable de régler la marche du broyage suivant la teneur en sucre et en eau de la dernière bagasse, et la marche de l'imbibition suivant la densité du jus du dernier moulin. Plus les moulins sont puissants, plus on peut leur demander de travail et mieux ils épuisent la bagasse. Cependant l'extraction ne saurait être soumise à des règles invariables. Elle peut être poussée plus loin dans les usines possédant des appareils d'évaporation assez puissants et de la vapeur en grande quantité, que dans celles où l'insuffisance de ces appareils pourrait être une cause d'arrêts dans le travail. En outre, l'imbibition peut être plus copieuse pour des cannes à haute teneur saccharine que pour des cannes pauvres en sucre ; elle deva être réglée de manière que le jus dilué du dernier moulin soit toujours à la même densité, contrôlée à l'aide du Brix. Cet instrument indique seulement la teneur du jus en

Digitized by Google

substance sèche, mais non sa teneur en sacchorose ; cependant le rapport de ces deux substances diffère très peu dans une même usine, de sorte que l'erreur commise ne peut être bien grande.

S'il était possible de toujours épuiser la bagasse des différentes variétés de cannes jusqu'à une teneur constante en jus, il serait facile de l'amener également à une teneur constante en saccharose, car il suffirait de maintenir constante la densité du jus du dernier moulin. La quantité de jus extraite de 100 parties de cannes dépendrait alors uniquement de la teneur en fibre. Or, cette quantité diminue lorsque la teneur en fibre augmente, et cela pour deux raisons : 1° la canne riche en fibre contient proportionnellement moins de jus, et 2° la quantité de bagasse est augmentée et par suite aussi la quantité de jus qu'elle contient et celle de la saccharose qu'il s'agit d'éliminer.

Mais, en pratique la chose n'est pas aussi simple, parce que la fibre de chaque variété de canne oppose à la pression une résistance qui lui est propre. Il arrive souvent que des cannes à forte teneur en fibres fournissent de la bagasse qui n'offre qu'une faible résistance à la pression, ce qui compense un peu la perte plus élevée en sucre occasionnée par la teneur en fibre. L'expérience montre qu'à une teneur élevée en fibre de la canne correspond une teneur élevée en fibre de la bagasse, de sorte qu'une canne dure fournit une bagasse plus sèche et mieux épuisée qu'une canne tendre.

Les chiffres suivants, extraits par Prinsen Geerligs du contrôle mutuel des sucreries de Java, montrent la marche de l'extraction et de la perte du sucre dans la bagasse durant les années 1899 à 1907.

Perte du sucre dans la bagasse durant les années 1899 à 1907.

Années	Fibre dans la canne	Saccharose extraite de 100 de cannes	Perte de saccharose dans la bagasse sur 100 de cannes
1899		90,3	1,36
1900	10,65	90,1	1,22
1901	10,95	90,2	1,24
1902	10,91	91,0	1,21
1903	11,21	90,6	1,17
1904	11,29	91,4	1,12
1905	11,61	90,4	1,12
1906	11,78	90,9	1,13
1907	12,00	91,2	1,5

Description des moulins represseurs avec imbibition. — Pour la

Digitized by Google

description des represseurs avec imbibition, nous nous baserons sur le système déjà ancien de Rousselot.

Le moulin represseur, système Rousselot, se compose de :

1° Une machine à vapeur horizontale,

2° Une transmission de mouvements à engrenages droits,

3° Un moulin à 3 cylindres,

4° Deux distributeurs de bagasse,

5° Deux couples presseurs.

La machine à vapeur, la transmission de mouvements de ce moulin et leur établissement sont absolument les mêmes que pour l'installation d'un moulin simple.

Les couples presseurs se composent chacun de deux cylindres d'un même diamètre superposés et d'un troisième cylindre d'un diamètre plus petit dont le centre est sur la même ligne que la tangente des deux rouleaux presseurs ; il se trouve placé en avant de ces derniers. Le petit rouleau, dit cylindre alimentateur par suite de sa position, sa cannelure disposée à cet effet et son diamètre particulier, tout en servant de broyeur par sa partie joignant le cylindre supérieur, facilite l'entraînement naturel de la bagasse jusqu'à la pression des deux rouleaux presseurs.

La bagasse est amenée du moulin au premier couple presseur par un distributeur de bagasse, à chaînes sans fin, monté dans les mêmes conditions que le conducteur de cannes placé à l'avant du moulin. Sa surface est garnie, sur toute la largeur du conducteur et à distances égales, d'augets qui ont pour fonction de recueillir la bagasse à sa sortie du deuxième cylindre du moulin, pour la porter au 1er couple represseur ; le 2e distributeur de bagasse pareil au 1er prend la bagasse à sa sortie du 1er couple presseur, pour la jeter sur le deuxième rouleau.

Chaque couple presseur est actionné par les rouleaux qu'il dessert au moyen d'une chaîne sans fin et de roues à facettes et à dents ; chaque distributeur est muni d'un embrayage à cône de frottement interne pour régler à volonté l'arrivée de la bagasse.

La bagasse est, à sa sortie du deuxième cylindre du moulin, arrosée d'eau chaude que distribue un tuyau transversal posé un peu au-dessous de la ligne de centre du cylindre supérieur. Ce tuyau, de la longueur des cylindres, est percé de petits trous permettant d'envoyer l'eau chaude sous pression, en pluie et non en filets. La ba-

Digitized by Google

gasse ainsi imbibée tombe dans les augets du distributeur qui va la jeter sur le cylindre alimentateur du premier couple represseur; à sa sortie du précédent couple, un tuyau semblable au premier imbibe une deuxième fois la bagasse, dilate ses cellules en dissolvant le sucre qui y est encore contenu, et le deuxième distributeur porte la bagasse au deuxième couple qui lui fait rendre une nouvelle quantité de jus dilué dans une partie de l'eau d'imbibition.

Dans quelques usines, au lieu de l'imbibition par tuyau comme celle citée plus haut, la bagasse tombe dans des bacs posés au bas de la servante de sortie du moulin. Le distributeur de cannes plongeant à sa partie inférieure dans le bac, ramasse la bagasse et la porte aux rouleaux presseurs. Ce système n'est pas aussi pratique, car malgré les dispositions prises, il reste toujours dans le bac une quantité de bagasse que le distributeur ne peut ramasser.

D'autres établissements, pour éviter les inconvénients du bac, ont établi des bacs en forme d'U qui reçoivent la bagasse tombant des cylindres : dans ces bacs passe la partie inférieure des distributeurs, et les augets recueillent une plus grande quantité de la bagasse imbibée.

Dans un grand nombre d'usines on emploie au lieu et place des couples represseurs, un ou deux moulins placés l'un à la suite de l'autre après le moulin de première extraction ; ces usines font l'imbibition soit par des tuyaux comme ceux des couples represseurs, soit par injection de vapeur ou d'eau sous pression; dans ce dernier cas elles font usage de bagassières perforées, pour l'introduction des jets de vapeur ou d'eau chaude.

Pour remédier à l'inconvénient d'acidification qui ne peut manquer de se produire dans les bagasses imbibées pendant leur parcours sur le distributeur de bagasses, MM. Labaye et Brissonneau montèrent un moulin à 8 cylindres accouplés et parallèles, dit moulin à pressions multiples, qui, outre l'avantage de soumettre les bagasses à une pression de plus en plus considérable, permet de les imbiber de vapeur et d'eau chaude entre chaque pression, sans exposition à l'air. On peut au besoin saturer les bagasses de jus dilué recueilli à la chute de l'avant-dernier cylindre et élevé pour l'imbibition par des pompes. Ce système, outre les avantages énumérés plus haut, occupe moins de place que celui à divers couples de presseurs et la dépense de force motrice est bien moins grande.

Digitized by Google

D'après les chiffres donnés par MM. Dubos frères, propriétaires de l'usine de Courcelle, qui se servent depuis plusieurs années d'un moulin à pressions multiples, on a trouvé une moyenne de rendement supérieur à 10,25 % pour des cannes dont le jus normal avait une densité de 1.071, ce qui fait environ 15,50 de sucre cristallisable pour 100 kg. de jus.

Moulin à cannes, système Alfred Leblanc. — En 1868 M. Alfred Leblanc fit breveter un moulin à deux jeux de cylindres superposés : le premier jeu, appelé cylindre alimentateur, est composé de trois rouleaux formant un triangle dont la ligne de base inférieure a une inclinaison de 40° ; le second jeu composé de deux rouleaux presseurs est placé au-dessous des deux cylindres inférieurs et dans la même pente. Le tout ne forme qu'un seul appareil.

Trois bagassières en fonte d'acier, ayant une section triangulaire et creuse, avec bouchons de cuivre sur la surface où passe la bagasse et percée de trous de 2 à 3 mm. de diamètre pour l'écoulement du vesou, et au besoin pour injection de vapeur ou d'eau, relient les cylindres. La première, placée entre le premier cylindre de la partie inférieure du moulin et le deuxième cylindre placé au-dessus et formant base du triangle, sert de conductrice pour la deuxième pression de la bagasse. Les deux autres bagassières, placées parallèlement l'une à l'autre et légèrement inclinées sur la verticale, forment couloir pour mener la bagasse aux cylindres supérieurs et represseurs.

Le vesou s'écoule en montant aux cylindres represseurs, ce qui permet à ceux-ci d'extraire de la bagasse ce qui y reste de jus et à la livrer bonne à brûler sans subir de ventilation.

Les bâtis sont entourés d'une frette en acier qui en augmente la solidité ; les rouleaux et bagassières sont réglés comme aux moulins ordinaires.

La canne entre dans cet appareil par la partie inférieure et en sort par la partie supérieure, en suivant une marche verticale.

Ce moulin est actionné par des machines à vapeur jumelles, ou par des machines simples de même puissance. Sur chacun des jeux qui le composent, en règlant convenablement la marche relative des deux machines, on arrive à la pression maxima et on peut éviter de ce fait les engorgements si fréquents dans les moulins ordinaires.

Digitized by Google

MOULINS MODERNES

Malgré les essais tentés dans différentes voies et les constructions les plus diverses qui ont été présentées, le moulin moderne reste toujours constitué d'un nombre variable d'unités à 3 cylindres précédées ou non d'un défibreur.

On construit actuellement des moulins comportant jusqu'à cinq de ces unités qui font, avec le défibreur, un ensemble à 17 cylindres.

Les figures 350 et 351 se rapportent à un moulin triple sans défibreur, construit par la Société Française de Constructions Mécaniques (Anciens Etablissements Cail) ; mais les unités constitutives sont les mêmes, au réglage près, qu'il s'agisse d'un moulin simple, double, triple, quadruple ou quintuple.

La figure 352 représente une installation de moulin quadruple, construction Cail.

Les moulins et le défibreur sont actionnés par une machine unique au moyen d'une transmission intermédiaire à trains d'engrenages en nombre convenable.

La machine à vapeur est du type monocylindrique à distribution Corliss.

Cette machine est établie pour fonctionner, soit avec 4 kg. 500 de pression effective de vapeur afin de convenir aux usines existantes possédant de la vapeur à basse pression, soit avec 8 kg., la contre-pression pouvant atteindre 0 kg. 700.

La transmission est construite de telle sorte que les manœuvres de démontage soient simples et faciles.

A cet effet, tous les paliers sont disposés dans un même plan horizontal, sauf toutefois les paliers supportant l'arbre de commande du défibreur qui échappent à cette loi générale en raison de la position même de ce défibreur.

Tous les engrenages ont couramment leur denture en acier coulé afin de diminuer, dans une grande mesure, les chances de rupture.

Les moulins proprement dits doivent supporter sur le cylindre supérieur des efforts allant jusqu'à 200 et 250 t. par mètre courant de cylindre (cette pression maximum dépend bien entendu de la nature de la canne broyée) et les moulins construits par la Société Française de Constructions Mécaniques (Anciens Etablissement Cail) sont établis pour répondre à ce point de vue à tous les desiderata.

Digitized by Google

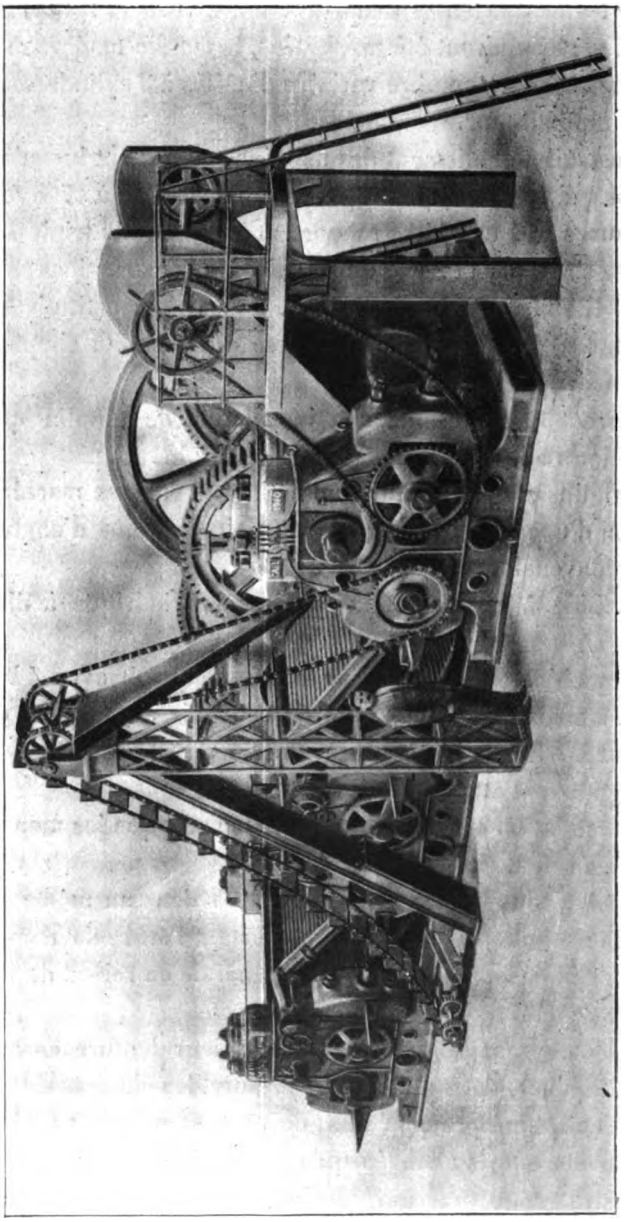


Fig. 350. — Ensemble d'un moulin triple, sans défibreur, construction Cail. Vue de côté.

Digitized by Google

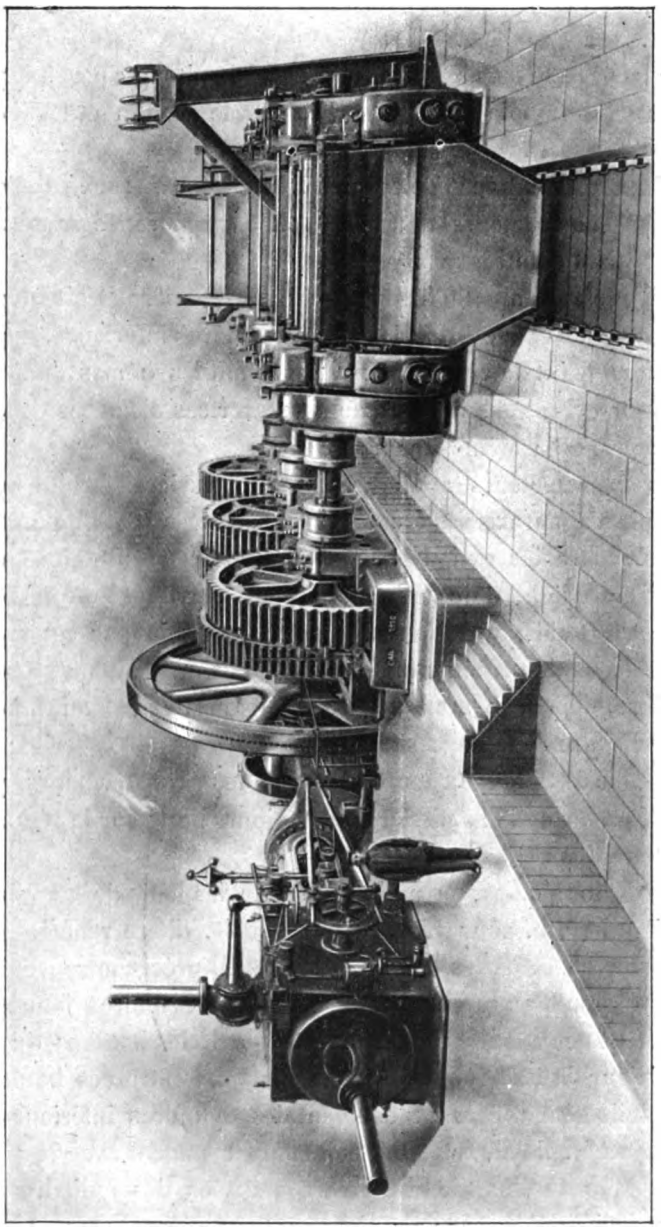


Fig. 351. — Ensemble d'installation d'un moulin triple, construction Cail. Vue en bout.

Digitized by Google

Ces efforts considérables exigent une construction robuste des organes du moulin et en particulier des cylindres, des bâtis et de la bagassière.

D'autre part, cette dernière doit être aussi étroite que possible pour réduire au minimum la force absorbée par le moulin et faciliter la marche de l'appareil.

La réalisation simultanée de ces deux conditions est une difficulté que certains constructeurs tournent, soit en apparence seulement, soit en sacrifiant d'autres avantages.

La faculté qu'a un moulin d'admettre une bagassière étroite dépend de la distance qui existe entre les deux cylindres inférieurs, et pour comparer à ce point de vue deux moulins ayant les mêmes diamètres extérieurs de cylindres, il suffit de comparer ces distances pour les moulins réglés de la même façon.

Certains constructeurs appliquent une bagassière étroite à des moulins qui, n'ayant pas été étudiés pour cela, accusent une distance considérable entre les cylindres inférieurs. Il en résulte un espace trop grand entre le bord de la bagassière et le cylindre de sortie, et la bagasse fine tombe abondamment avec le vesou par cet espace libre. Cette façon de procéder laisse donc à désirer d'autant plus que l'espace libre, déjà trop grand, s'accroît journellement au fur et à mesure de l'usure de la bagassière.

Tous les moyens loyaux employés par les constructeurs pour réduire la largeur de la bagassière ont toujours porté sur la réduction de la distance des cylindres inférieurs.

Depuis très longtemps, on a reconnu que les bâtis de moulin en fonte avaient besoin, pour résister aux efforts, d'être renforcés par les boulons de chapeau des 3 paliers, et ce sont précisément ces boulons qui s'opposent au rapprochement des deux cylindres inférieurs. Un premier pas en avant a été fait en obliquant les boulons du chapeau supérieur de façon à diminuer la distance entre ces boulons à l'endroit où ils gênent le rapprochement des cylindres inférieurs. Un second moyen employé, soit seul, soit concurremment avec le précédent, consiste à diminuer le diamètre des fusées des cylindres inférieurs. La Société Française de Constructions Mécaniques (Anciens Etablissements Cail) a toujours été hostile à ce procédé, car elle considère que le fait de donner aux trois cylindres des fusées identiques, est un avantage précieux aux points de vue des rechanges, de l'inter-

Digitized by Google

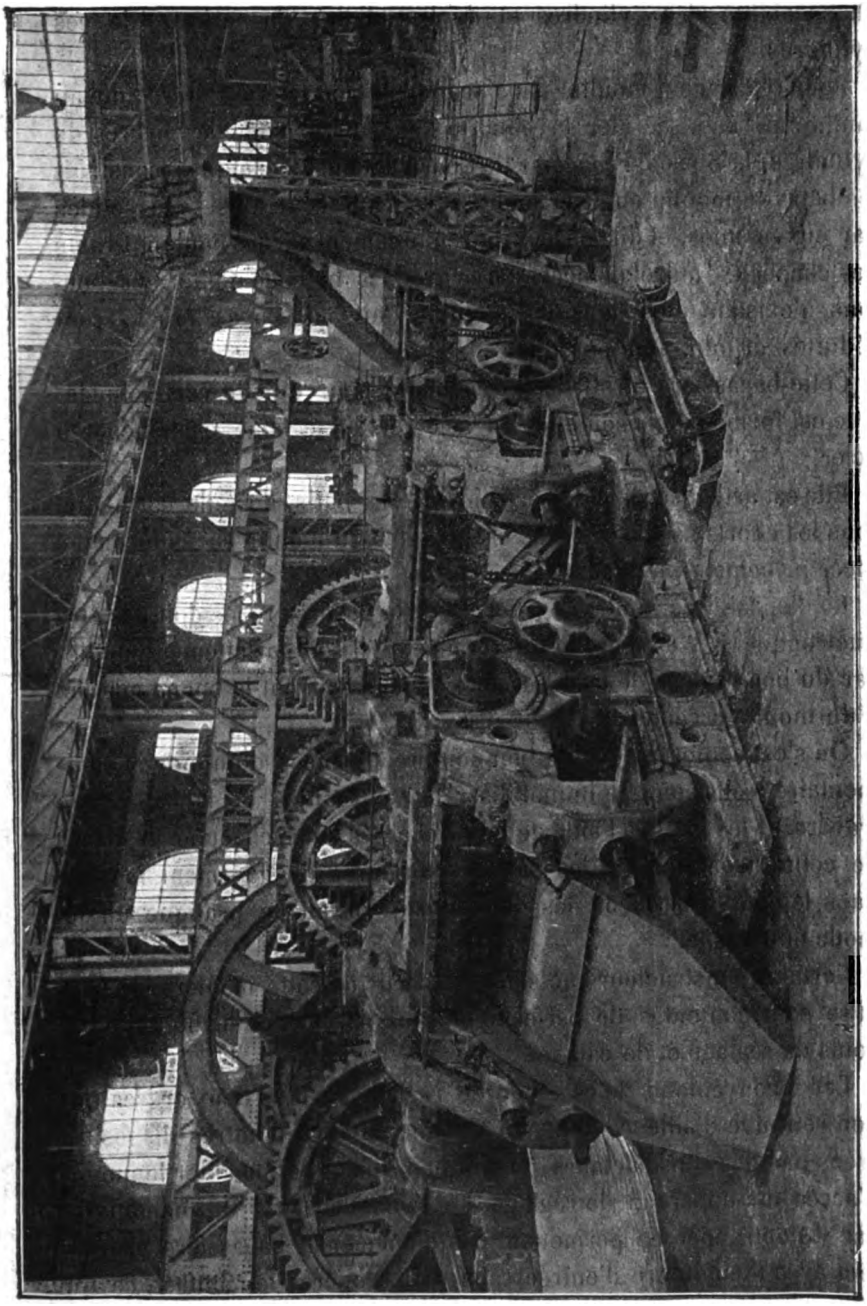


Fig. 352. — Moulin à 9 cylindres, sans défibreur. Perspective. Construction Cail.

Digitized by Google

changeabilité des cylindres et de la solidité des arbres de ces cylindres.

Pour réaliser un moulin dans lequel la bagassière soit réduite au minimum sans sacrifier la solidité des bâtis ni celle des arbres de cylindres, la Société Française de Constructions Mécaniques construit les bâtis du moulin en acier moulé. Ces bâtis sont ainsi très solides par eux-mêmes, et dispensent du renforcement par les boulons tirants des chapeaux, autrefois nécessaires avec les bâtis en fonte. Ces boulons n'existant plus dans les moulins Cail, les bagassières y sont réduites au minimum possible.

Cette bagassière étroite est très haute pour qu'elle soit robuste. Elle est formée d'un sommier en acier et d'une lame également en acier.

Elle est articulée dans le corps même des bâtis, de telle sorte que tous les efforts se reportent de chaque côté du moulin sur une même pièce principale : le bâti en acier moulé.

Le dispositif permettant le réglage de la bagassière ne doit pas être quelconque. Il y a un grand intérêt à ce qu'il soit parfaitement étudié, car du bon réglage de la bagassière dépend souvent la bonne marche d'un moulin à cannes.

On s'est contenté pendant bon nombre d'années d'un moyen rudimentaire consistant à immobiliser les extrémités de la bagassière traversant les bâtis, à l'aide de coins chassés entre chacune des faces de cette bagassière et les parois intérieures du logement ménagé dans le bâti. On conçoit les difficultés qu'offrait en pratique un tel mode de réglage.

Certains constructeurs ne sont pas sortis de cette manière de faire et se sont contentés de perfectionner les moyens de manœuvre des coins de réglage et de calage.

Les inconvénients de ce mode de réglage sont de deux ordres que l'on retrouve d'ailleurs dans un certain nombre d'autres dispositifs créés par des constructeurs qui n'ont en vue que de faciliter le moyen d'accès aux appareils de réglage. Les coins chassés ou manœuvrés par vis de rappel ne permettent pas d'amener la bagassière en contact avec le cylindre d'entrée sans voir s'opérer le contact, ce qui oblige l'enlèvement du cylindre supérieur. D'autre part, le couteau de la bagassière étant placé bien au-dessus de l'axe horizontal du cylindre d'entrée, un appui trop énergique de la lame de bagassière

Digitized by Google

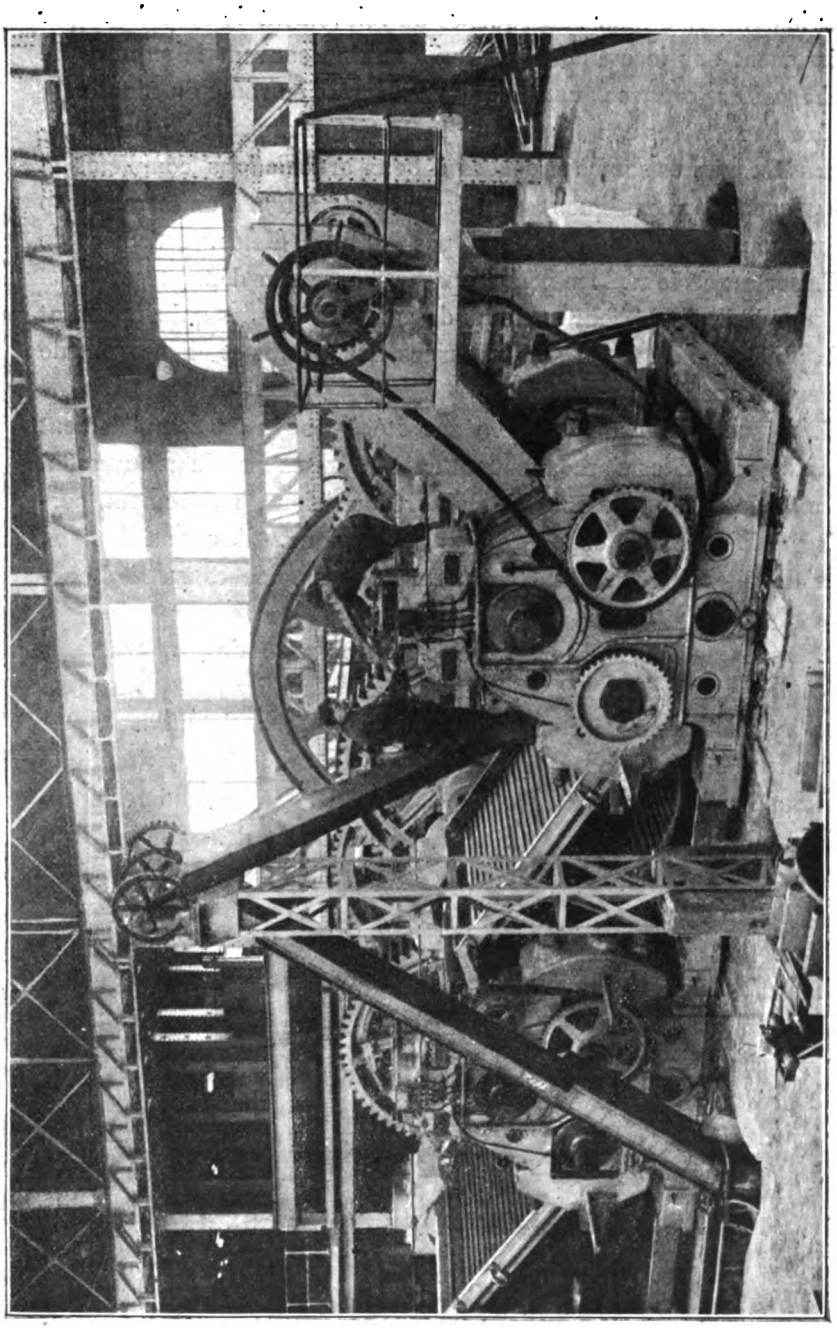


Fig. 353. — Moulin à 9 cylindres, sans défibreur. Vue de côté. Construction Cail.

Digitized by Google

sur le cylindre a pour conséquence un relèvement de cette lame par glissement sur le cylindre, ce qui entraîne souvent la rupture de la bagassière presque aussitôt après la remise en route du moulin.

Les bagassières construites par la Société Française de Constructions Mécaniques sont accrochées à deux articulations complètes et ne peuvent par conséquent se soulever sous l'action d'un serrage trop énergique. Elles sont réglées par tirants filetés, articulés de telle sorte que le réglage peut s'opérer sans aucun démontage.

Le cylindre supérieur est muni de joues très hautes qui s'opposent à la projection du vesou sur les fusées des arbres et dispensent de joues la lame de bagassière.

Les joues sur cette dernière ont été à peu près complètement abandonnées. Elles s'accommodent en effet assez mal du mouvement de montée et de descente du cylindre supérieur, mouvement permis par l'application de la pression hydraulique. Elles sont, de plus, très difficiles à régler et constituent par suite une cause de bourrages.

Dans le moulin établi par la Société Française de Constructions Mécaniques (Anciens Etablissements Cail) l'application de la pression hydraulique a été étudiée d'une façon toute particulière.

On a en effet pendant longtemps appliqué la pression hydraulique aux moulins sans songer à modifier leurs paliers d'une manière appropriée au but à atteindre. Il en est résulté souvent des déboires qui ont fait rejeter comme désavantageuse la pression hydraulique, qui est cependant très avantageuse.

Lorsqu'on appliquait la pression hydraulique, les paliers portant le cylindre en mouvement s'échauffaient outre mesure et l'on était conduit soit à diminuer la valeur de la charge hydraulique au détriment du rendement en jus extrait, soit à supprimer radicalement l'action de la pression hydraulique.

On a combattu l'échauffement des paliers en disposant une circulation d'eau réfrigérante dans les coussinets, mais ce n'est là qu'un palliatif. Ce moyen ne s'attaque pas à la cause du mal et une usure rapide des coussinets persiste toujours.

Dans les moulins Cail, les paliers sont à rotule, de telle sorte que les coussinets peuvent s'incliner en tous sens pour suivre le mouvement de l'arbre du cylindre et tenir constamment compte de la différence de niveau continuellement variable entre les coussinets des

Digitized by Google

deux extrémités du même arbre. On a, de plus, conservé aux coussinets une circulation méthodique d'eau refroidissante.

Enfin la figure 354 montre la disposition adoptée pour la construction du chapeau contenant la pression hydraulique. On y voit qu'on peut très facilement remplacer le cuir embouti du piston de pot de

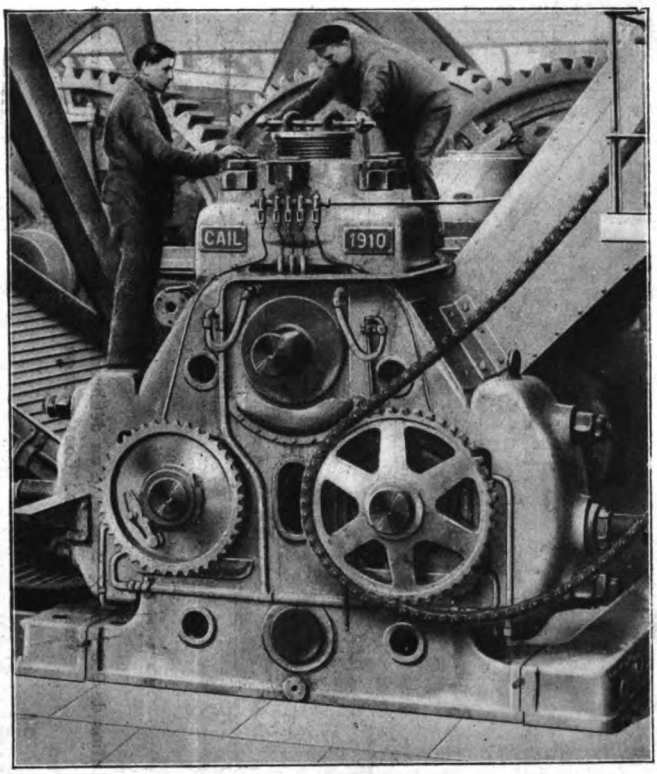


Fig. 354. — Vue du dispositif du changement des cuirs des pots de presse hydraulique. Construction Cail.

presse sans démonter ni le chapeau, ni aucune des tuyauteries, pas même celle amenant la pression hydraulique.

Les figures précédentes montrent les dispositions prises pour les râclettes sur les cylindres supérieurs et de sortie, ainsi que pour les tubes d'imbibition et les conducteurs intermédiaires qui sont métalliques, à lames de persiennes et à recouvrement, afin d'éviter les chutes de bagasse fine ou de jus sucré sur le parcours du conducteur.

On voit également un épulpeur mécanique qui enlève automatique-

Digitized by Google

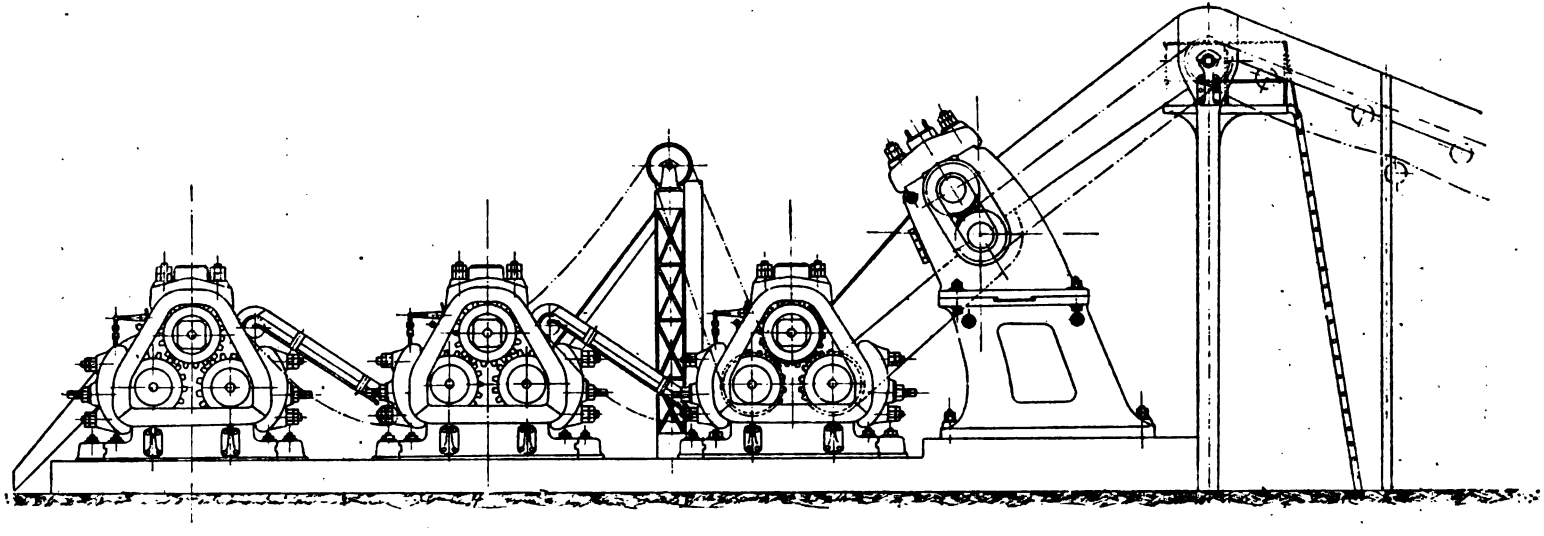


Fig. 355. — Installation de 3 moulins de 900 mm. × 2 m. et d'un défibreur Krajewski, actionnés par une machine Corliss. Vue en élévation. (Construction Cail).

Digitized by Google

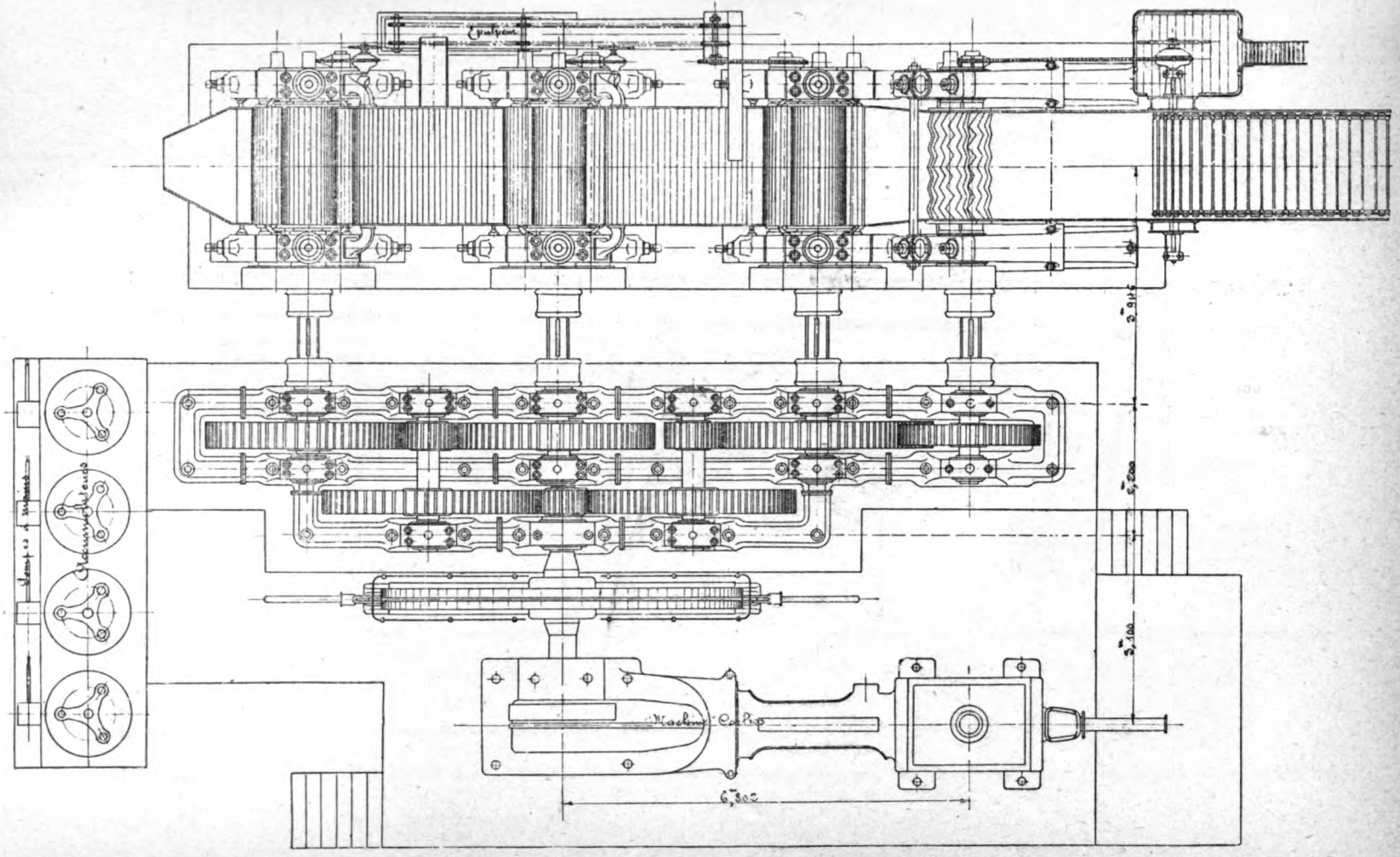


Fig. 356. — Installation de 3 moulins de 900 mm. × 2 m. avec défibreur Krajewski. Vue en plan. (Construction Cail.)

Digitized by Google

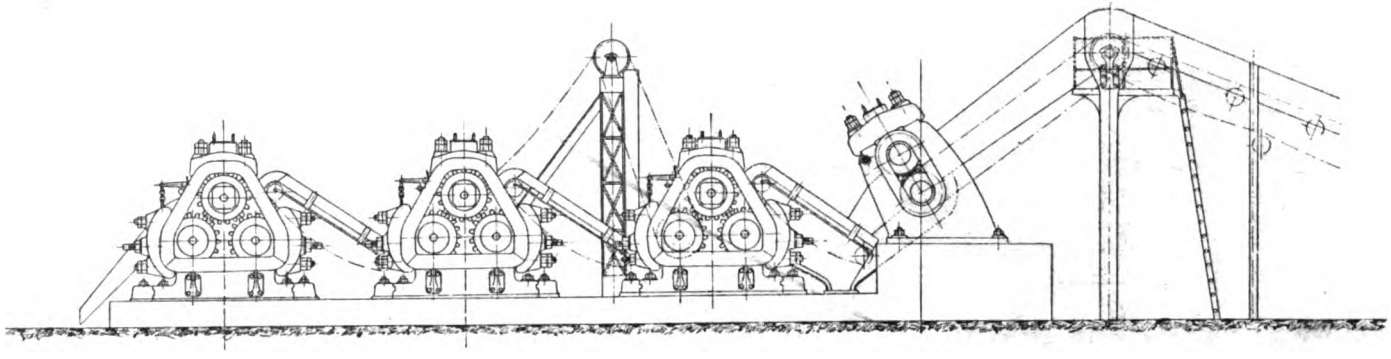


Fig. 357. — Installation de 3 moulins de 900 mm. × 2 m. et d'un défibreur Krajewski, actionnés par 2 machines Corliss. Construction Cail.

Digitized by Google

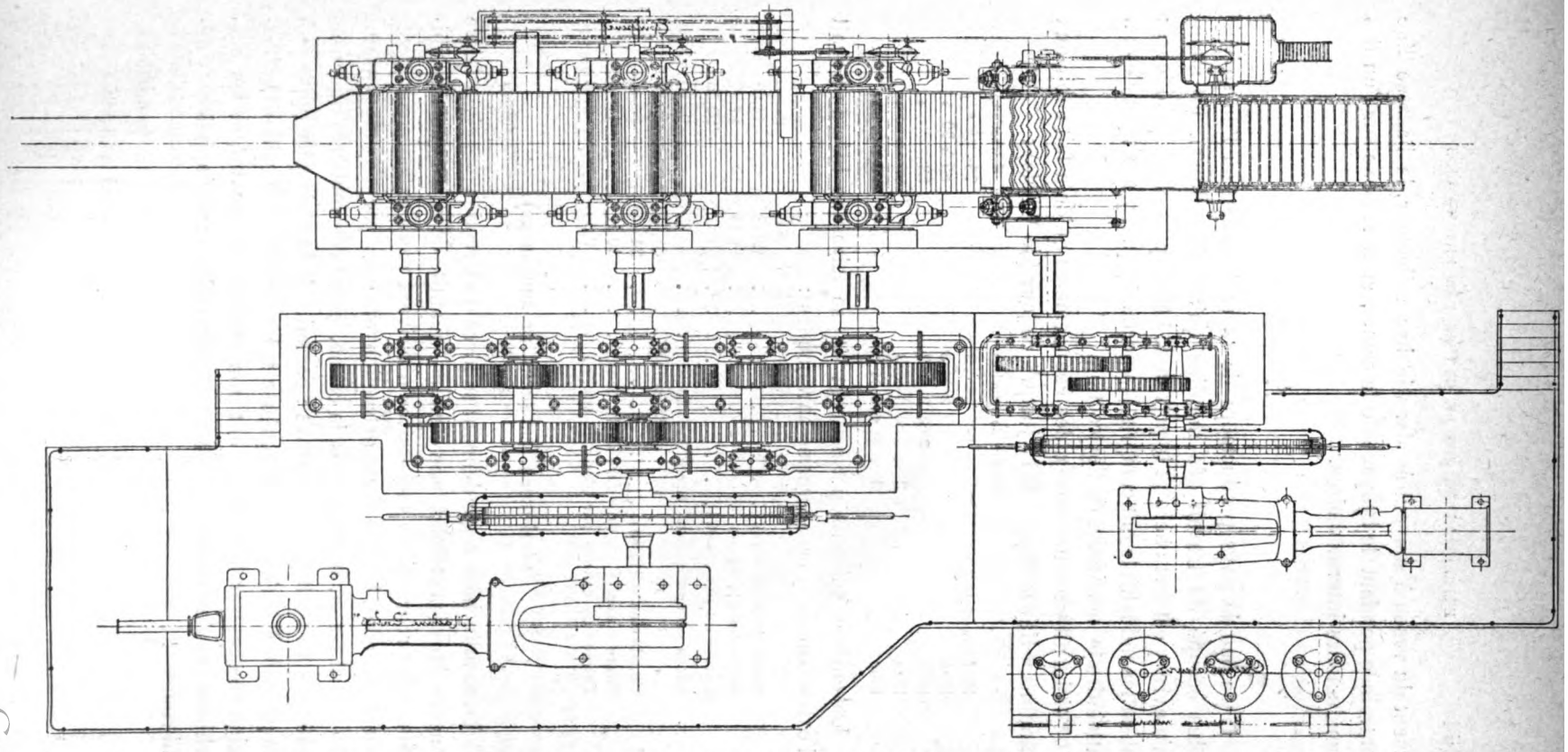


Fig. 358. — Installation de 3 moulins de 900 mm. × 2 m. et d'un défibreur Krajewski, actionnés par 2 machines Corliss. Vue en plan Construction Cail.

Digitized by Google

ment du vesou à son entrée dans le bac collecteur, la bagasse fine entraînée pendant le broyage de la canne, et la ramène sur l'un des conducteurs intermédiaires.

*
* *

Il y a peu de pays producteurs de sucre de canne où l'on se voit plus occupé du travail des moulins qu'aux îles Hawaï. La main-d'œuvre y est fort chère et le prix de la canne plus élevé qu'ailleurs ; aussi les industriels ont compris l'importance qu'il y avait pour eux à atteindre le maximum de l'extraction.

Voici d'ailleurs un aperçu des changements qu'on a fait subir aux moulins à Hawaï depuis 1877 jusqu'à ce jour (de Villèle) :

	Nombre de cylindres	Extraction
1877	3	75 %
1884	2 × 3	85 à 90 »
1890	2 × 2 × 2	88 »
1894	3 × 3 × 3 × 3	95 »
1905	3 × 3 × 3 × 3	96 »

Les chiffres suivants permettront de se faire une idée du travail d'extraction dans les sucreries hawaïennes :

	Java	Haevaï
Sucre dans la canne	12,42	14,03
Fibre dans la canne	11,48	12,37
Pureté du jus clarifié	85	93,55
Sucre obtenu % du sucre dans le jus	88,8	92,20
» » » de la canne	88,5	86,25
Pureté des mélasses	34	34,41
Sucre emballé % du sucre de la canne	10,1	11,96
Tonnes de cannes par tonne de sucre	9,6	8,16

DÉFIBREURS (CRUSHERS ET SHREDDERS)

Un moulin bien réglé donnant sa force d'extraction *maxima* laisse encore dans les cellules une certaine quantité de sucre que l'imbibition et les repressions successives n'arrivent pas à extraire complètement. En effet, la plus forte extraction obtenue par ces moyens fut 75 % ; il restait encore dans la canne, outre ces matières ligneuses (10 %), 15 % de jus non extrait : par suite de la résistance opposée à la pression par l'enveloppe ligneuse et les nœuds de la canne. On imagina de déchirer la canne avant son arrivée au moulin, et les machines que l'on construisit pour cette opération furent appelées « défibreurs ».

Digitized by Google

Ces défibreurs ouvrent la canne, la déchirent et mettent à nu les cellules qui, présentées ensuite au moulin, s'écrasent plus facilement et par ce fait augmentent le rendement tout en faisant le travail, sans porter préjudice à la qualité du jus extrait.

Défibreur Faure. — Le plus employé de ces déchireurs mécaniques dans les Antilles et le défibreur Faure ; il est aussi un des plus simples et son travail est des plus réguliers.

Le défibreur Faure se compose d'un cylindre en fonte revêtu de plaques à dentelures héliçoïdales, roulant dans une cuvette portant les mêmes plaques et disposées de façon que la denture des unes soit à l'inverse de celle du cylindre, pendant que l'intervalle va en diminuant de l'entrée à la sortie. Cet intervalle doit avoir de 34 à 40 mm. à l'entrée, tandis que la sortie n'offrira que 10 à 14 mm. de jeu.

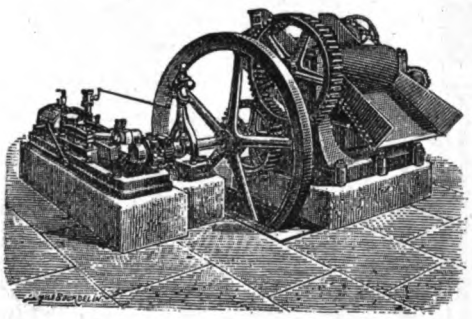


Fig. 359. — Défibreur Faure.

La vitesse ordinaire est de 50 tours à la minute, mais cette vitesse varie selon le débit du 1er moulin, qui lui-même aura un écartement moins fort des cylindres, suivant le foisonnement résultant de la désagrégation de la canne. Après de nombreux essais faits avec le défibreur Faure, on s'est arrêté aux écartements suivants :

13 à 16 mm. pour le roll à cannes.

3 à 4 mm. pour le cylindre à bagasse.

La canne, amenée au défibreur par un conducteur à chaîne sans fin, est présentée au cylindre déchireur, horizontalement, c'est-à-dire dans une position parallèle au rouleau ; elle est saisie sur la cuvette par la partie la plus large de la denture, tournée entre les deux surfaces et rejetée sur le conducteur de cannes qui dessert le moulin. Ainsi désagrégée, la canne est ensuite broyée dans les moulins comme à l'ordinaire.

Digitized by Google

Un défibreur simplifiant ou plutôt aidant au travail du moulin a permis à ce dernier de broyer 18.000 kg. de cannes à l'heure avec un rendement plus considérable.

Le moulin seul donnait une extraction de 61,50 % de cannes. Aidé par le défibreur le même moulin fournit 73 %, soit donc une différence en faveur du défibreur de 11,50 %.

Défibreur Krajewski et Pesant. — On trouve principalement à Cuba un défibreur dû à MM. Krajewski et Pesant (fig. 360), qui se compose de deux cylindres superposés. Chaque cylindre est évidé

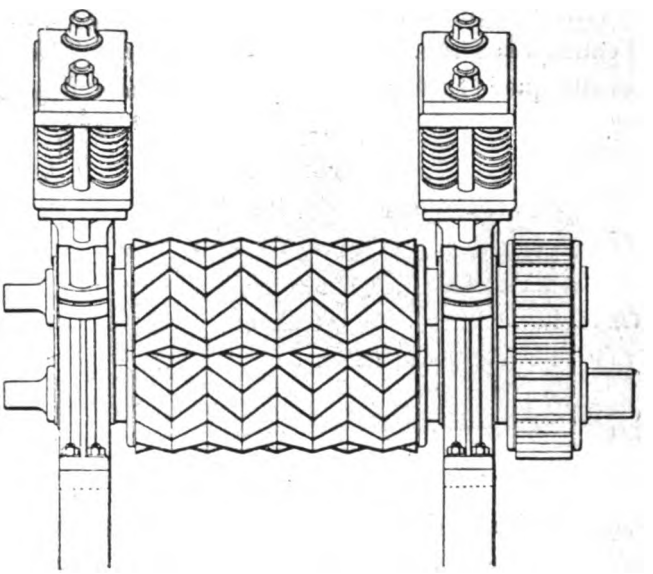


Fig. 360. — Défibreur Krajewski et Pesant.

à distances égales sur toute sa surface de manière à former une succession de cônes, le sommet des cônes d'un cylindre viendra remplir les parties évidées de l'autre cylindre. Ces cônes sont cannelés, en suivant les pentes, sur toute la surface du cylindre, et les rainures de chaque rouleau sont disposées de manière qu'elles puissent recevoir les parties saillantes, formant dents, lorsqu'elles se présentent, et former ainsi un jeu d'engrenage.

Les cannes présentées par bout au défibreur sont broyées, ouvertes et coupées en tronçons d'environ 10 cm., facilitant la pression du moulin et lui permettant une extraction plus considérable.

Digitized by Google

Défibreur Le National. — A Cuba, plusieurs usines emploient le défibreur dit « Le National ».

Cette machine fait passer la canne avant son arrivée au moulin entre deux cylindres placés l'un au-dessus de l'autre, mais dont l'un supérieur est posé sur une ligne sortante de 45° par rapport à la ligne verticale.

Chaque cylindre se compose de plusieurs roues dentées d'angle jointes les unes à la suite des autres et dont les arêtes saillantes sont affutées. Un intervalle ne dépassant pas 0,01 cm. sépare les deux rouleaux.

Chaque cylindre, actionné par une courroie, marche en engrenage c'est-à-dire dans un sens opposé l'un à l'autre ; la canne amenée par

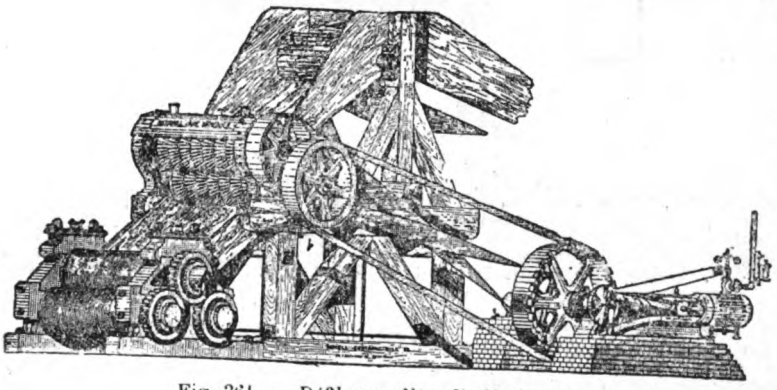


Fig. 361. — Défibreur dit « Le National ».

un conducteur à chaîne sans fin tombe dans un couloir fixe qui par son inclinaison la jette entre les deux cylindres dentés d'ou elle sort décortiquée et tombe sur le moulin par un autre couloir fixe. Un moteur spécial est affecté à la marche de ce défibreur.

Un autre type du défibreur (shredder) consiste en une paire de cylindres munis de dents en forme de V serrées les unes contre les autres (fig. 362) ; ces cylindres tournent à vitesse différentielle, l'inférieur faisant 500 tours par minute et le supérieur 250 tours. En passant entre ces cylindres, la canne est soumise à une sorte de torsion, sans céder de son jus ; elle est ensuite écrasée dans les moulins comme à l'ordinaire.

Pour obvier au défaut que le défibreur présente parfois de refuser les cannes que le transporteur lui fournit, on place parfois à l'avant de son cylindre inférieur un arbre de même longueur que lui, muni

Digitized by Google

de cinq ou six plaques de tôle d'acier découpé en forme d'étoiles qui, mû par une chaîne Gall, entraîne les cannes dans l'ouverture du défibreur. D'après M. de Villèle, ce dispositif est notamment employé aux îles Hawaï.

Défibreur Brazé. — Ce système de défibreur se compose, en principe d'un tambour à anneaux munis de dents fixées parallèlement.

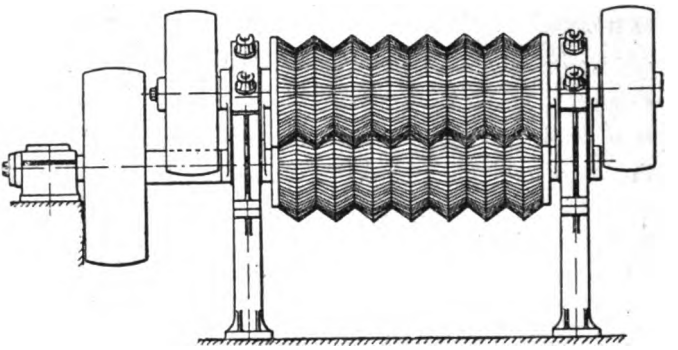


Fig. 362. — Shredder.

Les cannes, venant se placer sur une grille de forme spéciale, sont découpées par les dents du tambour qui passent entre les barreaux de la grille. Cette opération est purement préparatoire et n'extrait pas de jus.

Le coupe-cannes auquel nous avons fait allusion plus haut est représenté par la figure 363. Il se compose d'un cylindre sur lequel

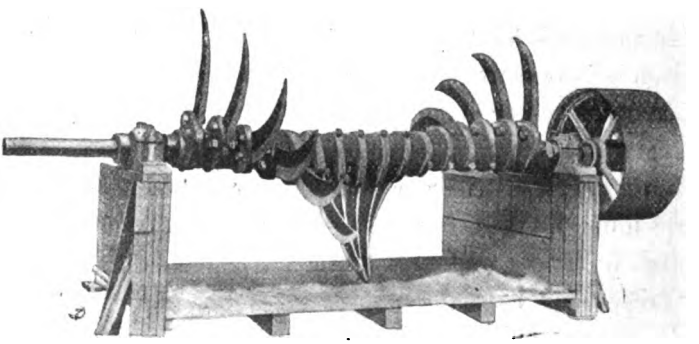


Fig. 363. — Coupe-cannes Ross.

une série de couteaux légèrement recourbés sont montés en forme d'hélice. Le cylindre fait environ 300 tours par minute ; il est mû par un moteur indépendant ou à l'aide d'une transmission actionnée par la machine à vapeur des moulins. Ce coupe-cannes rend d'excellents

Digitized by Google

services dans la mise en œuvre de cannes couchées, tordues, etc., qu'il découpe en morceaux d'environ 12 cm.

Débrayage Moore. — Il est souvent difficile au conducteur des moulins qui se tient au défibreur de débrayer à temps la chaîne du transporteur lorsqu'il s'y produit des engorgements ; il est, en effet, obligé de se déplacer de quelques pas pour atteindre le volant à friction, et pendant ce temps les cannes continuent d'affluer et augmentent l'encombrement. L'ouvrier agit alors parfois avec précipitation et laisse un bras dans le débrayage. Pour prévenir tout accident, M. Moore, ingénieur-mécanicien à Paauhau, a imaginé un système de levier exigeant très peu de force et permettant à l'ouvrier chargé de l'alimentation des moulins de mettre en mouvement ou d'arrêter le transporteur de cannes sans quitter son poste. L'usage de ce levier s'est répandu dans presque toutes les usines de Hawaï.

ÉTUDE SUR LE BROYAGE DES CANNES

M. Noel Deerr [1] a fait toute une série d'essais sur le travail des moulins. Il s'est proposé d'étudier le rendement comparatif de différents moulins, en déterminant pour chacun l'extraction, l'influence du retour du jus dilué et enfin l'influence d'une extraction plus élevée sur la quantité de sucre obtenu,

Comparaison des résultats obtenus avec des moulins à 9 et 12 cylindres. — Les résultats montrent que les principales différences constatées pour le moulin à 9 cylindres sont dues à l'extraction très élevée qu'on obtient au premier moulin, contrairement à ce qui a lieu pour le moulin à 12 cylindres ; il est vrai que celui-ci écrase une quantité de cannes beaucoup plus grande (50 tonnes au lieu de 35).

On constate le même phénomène pour le second moulin de la machine à 9 cylindres, dont l'extraction accuse encore une avance sur le second moulin de la machine à 12 cylindres. Cependant la différence est moindre que pour le premier moulin, parce que la quantité de matière passant sur le second moulin de la machine à 12 cylindres est elle-même moins grande.

L'extraction au troisième moulin est à peu près égale dans les deux cas, et finalement l'extraction au dernier moulin de la machine à 12 cylindres correspond à celle du jeu de moulins à 9 cylindres.

(1) Noel Deer. — *Intern. Sugar Journ.*, août septembre 1910. *Bull. Ass.*, t. XXVIII, pp. 405 et suiv.

Digitized by Google

On peut conclure de ces essais qu'une machine à 12 cylindres écrasant 50 tonnes de cannes par heure équivaut à une machine à 9 cylindres broyant 35 tonnes dans le même espace de temps. Néanmoins, la machine à 12 cylindres est réellement économique en ce sens qu'elle permet d'écraser une grande quantité de cannes et de fournir des jus moins dilués.

Influence d'une extraction élevée sur la pureté des jus. — Les essais effectués à ce point de vue ont fourni les résultats suivants.

Pour un même moulin, avec un jus de 92,58 de pureté et une extraction de 93,5, la pureté du jus mélangé était de 87,64. Avec un jus de 92,87 de pureté et une extraction de 87, la pureté du jus mélangé était de 88,65.

Dans un second essai avec un moulin à 9 cylindres, où l'eau a été ajoutée seulement au troisième moulin, on a obtenu les résultats suivants : Avec un jus de 93,90 de pureté et une extraction de 88, le jus mélangé avait une pureté de 92,55 et, avec une extraction de 93, une pureté de 90,51.

En prenant la moyenne de ces résultats, on peut dire qu'une extraction de 93 correspondant à une pureté de 89,8, et une extraction de 87 à une pureté de 90,6. Dès lors, par interpolation, on obtient la table suivante :

Extraction	Pureté	Extraction	Pureté
87	90,6	92	89,3
88	90,4	93	99,0
89	90,1	94	88,8
90	89,8	95	88,5
91	89,6		

Ces puretés peuvent être considérées comme directement proportionnelles à la valeur du jus, de telle sorte qu'en augmentant l'extraction de 90 à 95 on n'augmente pas le sucre extractible dans la même proportion, mais seulement dans le rapport de $\frac{95}{90} \times \frac{88.5}{89,3} = 4,6$ % au lieu de 5,5 qu'on obtiendrait en calculant d'après l'extraction seule.

Dans les essais avec un moulin à 9 cylindres, le jus mélangé du premier moulin et du broyeur avait 93 de pureté et contenait 80,5 % du sucre de la canne. Le jus provenant du second moulin contenait 6,6 % du sucre de la canne et avait 83 de pureté. Celui provenant du

Digitized by Google

dernier moulin avait 80 de pureté et contenait 6 % du sucre de la canne. L'analyse complète de la bagasse donnait pour le jus restant une pureté d'environ 70.

Si l'on prend pour les mélasses une pureté réelle de 45, on trouve que ces jus ont une valeur à peu près proportionnelle à 85,81, et que l'extraction économique, en tenant compte de la diminution de pureté du jus non extrait, est $\frac{85,2 \times 100}{89,7} = 95$, dont on extrait seulement 93,1 de sucre.

L'extraction proportionnelle de chaque moulin est :

1er moulin	83,4 %
2e moulin	6,3 »
3e moulin	5,3 »
Jus non extrait	5,0 »

Comme ces expériences donnent seulement deux points à l'aide desquels on puisse juger de l'influence de l'augmentation de l'extraction sur la quantité de sucre extrait, l'auteur a fait une série d'expériences de broyage de cannes dans un moulin à main. Ce dernier était un moulin à 3 cylindres de 0 m. 127 + 0 m. 10, et ces cylindres étaient ajustés au moyen de vis. Il a pu obtenir ainsi un broyage comparable à celui des grands moulins de sucrerie, bien que la bagasse finale obtenue fût plus désagrégée.

Les essais furent effectués comme suit : un kg. de cannes fendues en lanières fut passé trois fois à travers le moulin. Après le troisième broyage, et après avoir obtenu environ 65 % du jus, on ajoutait 100 gr. d'eau sur la bagasse qui était de nouveau pressée. Cette opération fut faite en tout cinq fois, le jus dilué étant recueilli chaque fois séparément. La bagasse fut finalement pesée et analysée.

On obtient ainsi 8 fractions de jus dont les analyses suivent :

Fractions	Poids % de cannes	Matières sèches totales %	Sucre %	Pureté	Valeur de $\frac{s(j-m)}{j(s-m)} \times 100$
1	34,7	19,10	17,71	92,7	95,5
2	16,0	19,20	17,23	89,8	92,6
3	13,0	19,04	16,70	87,7	90,4
4	9,8	13,22	11,64	88,0	90,7
5	11,3	7,22	6,01	83,2	85,3
6	10,0	5,50	4,44	80,8	82,3
7	12,0	4,00	3,16	79,0	79,9
8	11,6	2,86	2,17	75,9	75,7
Bagasse . . .	28,0	2,05	1,33	65,0	57,3

Digitized by Google

Cette table montre que la pureté va en diminuant pour chaque fraction successive de jus, excepté pour la 4e fraction. Cette exception n'est pas accidentelle, car elle s'est reproduite dans toutes les expériences. La 3e fraction, obtenue sous une très forte pression, contenait probablement beaucoup de jus de l'écorce. La 4e fraction fut la première obtenue par addition d'eau à la bagasse, et elle était composée probablement en grande partie de jus de la moelle (qui n'avait pas encore été extrait) à l'exclusion de jus de l'écorce, celle-ci n'ayant pas encore été suffisamment désagrégée pour absorber sa proportion d'eau. La quantité de sucre contenue dans un poids de jus diminue aussi avec la pureté.

Le pour 100 de sucre dans chaque fraction a été calculé d'après la formule suivante : sucre $= \frac{s(j-m)}{j(s-m)}$ (dans laquelle s représente la pureté du sucre, j celle du jus et m celle de la mélasse), en posant $s =$ 97,5 et m 45 et désignant par j les puretés observées.

La table suivante donne pour chaque opération l'extraction, la valeur de $\frac{s(j-m)}{j(s-m)}$ et le produit de ces deux quantités, soit la quantité de sucre extrait à chaque opération pour 100 de sucre dans la canne.

Fractions	Sucre obtenu % de sucre dans la canne	Pureté	Valeur de $\frac{s(j-m)}{j(s-m)} \times 100$	Produit des colonnes 2 et 4 $\div \times 100$
1	43,2	92,7	95,5	41,3
2	19,1	89,7	92,5	17,8
3	15,1	87,7	90,4	13,8
4	8,0	88,0	90,7	7,3
5	4,7	83,2	85,3	4,0
6	3,0	80,8	82,3	2,5
7	2,6	79,8	79,9	2,2
8	1,7	75,9	75,7	1,3
Bagasse	2,6	69,0	57,3	1,5

Puisque la pureté diminue pour chaque fraction successive de jus, les premières portions extraites ont une valeur plus grande en sucre extractible que les dernières, et 43,2 parties de sucre % de sucre dans la canne correspondent à plus de 43,2 parties de sucre extractible % de sucre extractible dans la canne. En conséquence, l'auteur a calculé les puretés combinées des 1re et 2e fractions, de la 1re, 2e et 3e fractions, etc., les valeurs correspondantes de $\frac{s(j-m)}{j(s-m)}$, le sucre

Digitized by Google

extractible obtenu à chaque extraction et son pour 100 rapporté au sucre total extractible dans la canne. Pour cette dernière quantité il propose le terme de *available extraction*. Si, par exemple, 93,1 parties de sucre % de sucre dans la canne ont été extraites, 94 parties de sucre extractible dans la canne ont été obtenues et ce chiffre représente sensiblement le facteur donnant le travail économique du moulin.

Ces valeurs sont données dans le tableau suivant :

Extraction	Pureté	Valeur de $\frac{s(j-m)}{j(s-m)} \times 100$	Available extraction ou rendement
43,2	92,7	95,5	45,0
62,3	91,9	94,7	64,4
77,4	91,1	94,0	79,5
85,4	90,8	93,7	87,4
90,1	90,4	93,2	91,8
93,1	90,1	92,9	94,4
95,7	89,8	92,6	96,9
97,4	89,5	92,3	98,4
100,0	88,9	91,7	100,0

Ces résultats permettent de répondre à une question qui a été souvent posée : l'extraction étant portée de 93,1 (ce qui représente le travail moyen d'un moulin à 9 cylindres) à 95,7 (qui exprime le travail d'un moulin à 12 cylindres) quel gain peut-on en retirer ? D'après les résultats du tableau ci-dessus, l'extraction économique à ce point de vue est de 94,4 et 96,9, pour lesquels l'augmentation du pourcentage en sucre (en sacs) sera de 2,64 et non 2,79 comme on l'obtiendrait par l'extraction seule.

On n'a pas tenu compte ici de la question de prix de revient pour les fortes extractions. Il serait cependant facile de démontrer par le calcul que, en supposant certaines conditions, on aurait intérêt à élever l'extraction de 93,1 à 95,7. Mais, ces questions soulèvent tant de problèmes : augmentation du capital pour l'achat d'un quatrième moulin, suffisance ou insuffisance de la bagasse comme combustible, prix du charbon, évaporation par triple ou quadruple effet, prix du sucre, augmentation de la main-d'œuvre, de l'huile, etc., qu'il vaut mieux laisser à chacun le soin de les régler suivant les conditions où il se trouve.

Influence respective de la moelle et de l'écorce sur l'extraction. — On sait depuis longtemps qu'une augmentation de pression produit

Digitized by Google

un jus de qualité inférieure et que ce fait est dû à la présence du jus de l'écorce et des nœuds qui ne sont extraits qu'à de fortes pressions. On peut considérer la canne comme étant formée : 1° d'une partie intérieure molle, composée elle-même d'une faible proportion de fibres spongieuses, absorbantes et de jus riche en sucre et très pur ; 2° d'une partie extérieure composée de fibres résistantes, non absorbantes, et de jus d'une pureté et d'une richesse saccharine peu élevées.

L'auteur a pensé qu'il serait intéressant d'obtenir ces deux parties séparément au moyen d'un moulin. A cet effet, il s'est servi d'un moulin à main permettant de broyer la canne jusqu'à obtention d'environ 65 °/₀ de jus. La bagasse fut alors séparée en deux portions : la partie intérieure molle et la partie extérieure dure, qui furent pesées et analysées séparément. Cette méthode est évidemment très approximative. Voici les résultats obtenus dans une série d'expériences :

Variétés de cannes	Lahaina Maui	Rose Bamboo Oahu	Y. Caledonia Oahu	Y. Caledonia Oahu
Jus exprimés :				
Poids p. 100 de cannes	70,99	66,75	65,60	64,64
Matières solides p. 100	24,22	17,70	21,68	18,73
Sucre p. 100	21,94	16,42	18,42	16,85
Pureté	90,58	92,77	84,97	89,96
Bagasse de la moelle :				
Poids p. 100 de cannes	13,35	15,74	14,40	14,69
Matières solides p. 100	15,29	11,57	12,20	12,20
Sucre p. 100	13,46	10,32	9,00	10,00
Eau p. 100.	52,52	56,16	49,21	54,52
Ligneux p. 100	31,39	31,27	38,59	33,28
Bagasse de l'écorce :				
Poids p. 100 de cannes	12,66	17,51	20,00	28,67
Matières solides p. 100	12,26	9,40	11,09	9,92
Sucre p. 100	10,37	7,22	7,45	5,68
Eau p. 100.	52,90	54,00	46,68	49,97
Ligneux p. 100	32,84	36,00	42,23	40,11

L'auteur avait trouvé précédemment une moyenne de 8 °/₀ de ligneux dans la partie molle de la canne. Dans les expériences ci-dessus la bagasse de la moelle contenait en moyenne 34 °/₀ de ligneux. Le poids bagasse fourni par la moelle et °/₀ de moelle est alors de $\frac{8 \times 100}{24} = 24$ °/₀ et le jus de 76 °/₀; le °/₀ de jus dans la moelle est de $\frac{76}{92} = 83$ °/₀. La partie dure des cannes contenait primitivement

Digitized by Google

33 % de ligneux et après broyage 38 %, ce qui indique qu'il n'a été exprimé que très peu de jus de l'écorce.

Noel Deer estime que dans les grands moulins où l'on obtient 65 % de jus on se trouve sensiblement dans le cas du tableau précédent ; que, quand on parvient à extraire 80 % de jus en se servant de défibreurs, on n'a que le jus de la moelle et peu ou pas de jus de l'écorce, ce dernier n'étant extrait que par le passage de la canne dans les derniers cylindres.

Conclusions. — Le point important indiqué par les résultats analytiques obtenus est que la bagasse de la moelle contient, au début, plus de sucre que la bagasse de l'écorce ; au second moulin la quantité de sucre est la même dans chaque portion, et dans les moulins suivants la bagasse de l'écorce contient plus de sucre que celle de la moelle, c'est-à-dire que la portion intérieure molle de la canne a permis une plus grande extraction que l'écorce ; l'extraction dans son sens habituel représente naturellement les effets combinés de ces deux quantités.

Ces résultats montrent que le travail des moulins est excellent sur la moelle intérieure, mais très imparfait pour l'extraction du sucre de l'écorce. On peut y remédier par divers procédés d'imbibition ou d'augmentation de pression de l'eau, tels que, par exemple, l'emploi d'une série d'injecteurs, idée émise récemment par M. L. Pellet, au lieu de tuyaux perforés, ou par l'emploi de macérateurs à travers lesquels passe la bagasse.

L'emploi de plus fortes pressions a été dernièrement soutenu, de préférence à l'emploi exagéré de l'eau, par A. Musy, qui indique les bons résultats obtenus par un moulin Hamilton en marche à Cuba ; il est enclin à placer les procédés de macération au second plan. Et il conclut :

« La macération, au lieu d'être le facteur principal dans le procédé des moulins, sera reléguée à la seconde place et on verra finalement que l'économie dans le broyage de la canne à sucre sera réalisée par l'emploi d'un nombre modéré de moulins, trois au maximum, et d'une quantité limitée d'eau d'imbibition. »

Aussi loin qu'il a été possible d'obtenir une désagrégation plus grande des tissus de l'écorce par forte pression, les résultats de l'auteur ont été concordants avec ceux cités plus haut ; cependant étant données les pressions qu'on peut obtenir avec les moulins exis-

Digitized by Google

tants, il est plus économique d'employer les moulins à 12 ou 15 rouleaux. Il reste à mentionner un point sur ces analyses qui nous éclairent. Il arrive souvent que l'extraction varie beaucoup alors que le ligneux reste constant (les conditions de broyage restant également les mêmes). Cette variation provient de ce que la proportion de ligneux entre l'écorce et la moelle varie, quoique sa quantité totale reste la même, et que l'extraction diminue avec l'augmentation de l'écorce.

LE JUS DE CANNES OU VESOU

La canne à sucre écrasée par les moulins laisse couler un liquide sucré appelé *vesou*, plus ou moins pur et plus ou moins dense, et donne une matière ligneuse appelée *bagasse* qui, entraînée par des conducteurs, sert ensuite de combustible.

Dans certains pays où les pluies sont rares et la main-d'œuvre facile, comme en Egypte, on étend la bagasse sur le sol pour la faire sécher au soleil avant de la brûler.

Le vesou lorsqu'il sort du moulin est toujours chargé de débris de cannes, de matières organiques; il est louche, d'une couleur jaune verdâtre.

Composition du vesou. — La composition du vesou est très variable et dépend principalement de la nature des cannes, de leur âge, de leur qualité, de la pression du moulin, etc. Il contient en général par litre :

Saccharose	15 à 25 gr.
Glucose	0,20 à 2 gr.
Matières organiques	0,800 à 11 gr. 20
» minérales	0,80 à 2 gr. 40

D'après le Dr Icery les matières organiques se composent de :

Albumine	0,027 pour cent
Matière granulaire	0,100 »
Autres substances végétales	0,223 »

D'après M. Deghuce, le précipité plombique du vesou contient les corps suivants :

Acide formique	Un produit azoté
» mélassique	Acide phosphorique
» tartrique	Silice (traces)
» malique	Fer (traces)
» succinique	Alumine (traces)
Une matière colorante jaune	

Digitized by Google

Matières minérales. — On retrouve naturellement dans le vesou toutes les matières minérales contenues dans la canne.

Voici la composition centésimale donnée par Bonâme :

Acide phosphorique	12,37
» sulfurique	15,36
Chlore	1,64
Chaux	11,67
Magnésie	16,13
Potasse	19,35
Soude	1,59
Oxyde de fer	1,69
Silice	20,20
Total	100,00

Composition du jus de canne suivant le degré de pression exercée. — Lorsqu'on soumet à l'action du moulin de la canne entière ou coupée en deux parties égales, le jus extrait le premier est généralement plus riche et plus pur. Nous allons résumer avec M. H. Pellet [1] les nombreux essais qui ont été faits à cet égard.

Résultats du Dr Icery. — On trouve déjà des essais relatifs à cette question dans la remarquable brochure du Dr Icery qui donne, à la p. 29, les chiffres suivants :

	Sucre par litre de vesou	
	a	*b*
1re pression	21,40	21,30
2e pression	20,40	20,10

Résultats de Bonâme. — Cet auteur a donné de nombreux exemples du même genre :

	Vesou extrait de 100 kg. de cannes	Sucre p. 100 cm3 de jus	Glucose p. 100 cm3 de jus	Matières organiques p. 100 de sucre
1re pression	»	17,01	1,36	3,7
2e »	»	16,75	1,36	6,1
1re »	62,40	18,60	0,63	1,2
2e »	9,18	17,98	0,62	2,7
1re »	55,00	19,00	»	3,1
2e »	18,00	18,50	»	4,3
3e »	6,00	17,90	»	5,2
1re »	28,00	15,06	1,46	»
2e »	26,00	14,90	1,44	»
3e »	10,00	14,90	1,44	»
4e »	3,00	14,48	1,44	»

[1] H. Pellet. — *Etudes sur la canne à sucre.*

Digitized by Google

Résultats du Dr Kruger. — Le Dr Kruger a publié un mémoire très complet sur cette question dans le compte rendu des essais de la station de West-Java (Kagok-Tegal, Java, 1896). Nous reproduirons deux ou trois de ces essais qui sont intéressants au point de vue scientifique, mais ne correspondent pas tout à fait à ce qu'on a besoin de connaître en pratique, où l'on obtient d'abord la plus grande proportion de jus en 1re pression et une quantité plus faible en 2e.

Jus obtenu de 1 kg. de cossettes de cannes	Proportion de jus extrait p. 100 gr. de cannes	Sucre p. 100 gr. de jus	Pureté	Cendres
1° 200	21,81	19,90	92,26	0,339
1° 400	43,57	19,50	92,55	0,333
2° 100	10,99	21,00	89,36	0,470
2° 350	38,42	20,75	89,65	0,450
2° 600	65,73	19,41	88,23	0,580
3° 100	10,62	12,53	81,90	0,300
3° 200	21,24	12,56	82,60	0,290
3° 300	31,85	12,50	83,30	0,280
3° 400	42,46	12,42	82,80	0,270
3° 500	53,06	12,15	82,70	0,250
3° 600	63,62	11,59	84,00	0,230
3° 700	74,00	11,03	82,30	0,260

Résultats de M. L. Biard. — M. Biard a publié un article très intéressant sur l'influence de la pression sur la composition du vesou.

Composition moyenne des deux jus obtenus en fabrique

	Nombre d'analyses	Densité à 15°	Sucre p. 100 cm3	Glucose p. 100 cm3	Pureté	Glucose p. 100 gr. de sucre
Jus de 1re pression	103	1.0714	16,45	0,73	88,8	4,44
Jus de 2e pression	103	1.0706	15,60	0,70	84,8	4,49

L. Biard a examiné les jus de 3e et de 4e pression et a constaté que la densité et la richesse saccharine diminuaient avec le nombre de pressions ; c'est pourquoi ce chimiste avait conclu, comme d'autres de ses collègues du reste, que la richesse de la canne, calculée d'après l'analyse du jus extrait par pression et la quantité de marc dosée, est toujours exagérée, le jus restant dans la bagasse étant

Digitized by Google

moins riche que le jus extrait. Dans d'autres essais faits sur la même question, Biard a trouvé que le jus de 2e pression a été en moyenne de 1 % moins riche en sucre que le vesou de 1re pression, et cela pour quatre campagnes entières. Cette différence de richesse influe sur celle du jus moyen d'environ 0,25 %, par suite de la proportion des deux sortes de jus mélangés.

Résultats de H. Pellet

	Densité	Sucre p. 100 cm3	Glucose		Pureté	Cendre	Quotient Salin
			p. 100 cm3	p. 100 gr. de sucre			
Jus de 1re pres.	1.0745	17,32	0,36	2,10	89,2	0,54	32,0
» 2e »	1.0700	15,87	0,35	2,30	87,2	0,75	21,2
Jus de répression après imbibition . . .	1.0160	3,56	0,12	3,30	85,5	0,20	20,8

Cannes coupées depuis plusieurs jours (H. Pellet)

	Densité	Sucre p. 100 gr. de jus	Glucose		Pureté
			p. 100 cm3 de jus	p. 100 gr. de sucre	
Jus de 1re pression . .	1.068	13,39	2,07	15,46	74,6
Jus de 2e pression . . .	1.066	13,21	2,25	17,03	72,7

Digitized by Google

CHAPITRE V

—

EXTRACTION DU JUS DE CANNES PAR DIFFUSION

DIFFUSION DE LA CANNE

Lors des premiers essais de diffusion de betteraves, on crut pouvoir appliquer également le nouveau procédé à la canne, en supprimant les vases clos et faisant une macération continue.

En 1876, MM. Alfonso et Chénot firent en Espagne des essais de macération ; malgré les résultats peu concluants, ils transportèrent leur procédé à la Guadeloupe où, pendant les campagnes 1881 à 1883 de nombreux essais furent faits.

A l'exposition de Paris en 1878, MM. Minchin frères exposèrent du sucre obtenu par la diffusion Robert, dans l'usine d'Aska, district de Ganjain à Madras (Indes-Orientales).

En 1880, M. le marquis de Larios monta en Espagne la première batterie pour diffuser la bagasse en vases clos. Les premiers essais ne donnèrent pas les résultats attendus, et ce n'est qu'en 1884, à la suite d'une série de transformations plus ou moins importantes apportées à l'installation des appareils, qu'on obtint des résultats satisfaisants. Depuis cette époque, un certain nombre d'autres sucreries de cannes ont installé, les unes la diffusion de la bagasse, et quelques autres la diffusion de la canne. La diffusion a fait réaliser à la sucrerie de betteraves un progrès énorme ; mais son application à la canne suppose un ensemble de circonstances que certains pays coloniaux ne réunissent pas.

COUPE-CANNES

Dans un grand nombre d'usines, on se sert d'un coupe-cannes analogue à celui qui a figuré à l'exposition de Paris en 1889 ; cet appareil nous servira de base pour sa description.

Digitized by Google

Sur une plaque de fondation se trouve un moteur vertical donnant le mouvement par l'intermédiaire d'un engrenage conique à l'arbre vertical du coupe-cannes proprement dit.

Un bâti en fonte supporte une cuve également en fonte dans laquelle tourne un plateau de 2 m. 400 de diamètre ayant une épaisseur de 0 m. 070; ce plateau a 16 ouvertures dans lesquelles sont placées les boîtes à couteaux. Chaque boîte mobile contient un couteau en acier trempé, fixé par des boulons et disposé de manière à pouvoir être réglé selon l'épaisseur que l'on veut donner aux cossettes, ou l'usure des couteaux ; près de ces derniers sont fixés des contre-couteaux mobiles qui règlent aussi l'épaisseur des cossettes.

Sur ce plateau mobile est placé un plateau fixe dans lequel sont percées 8 ouvertures. Au-dessus de la cuve en fonte est boulonné un réservoir en tôle ayant la forme d'un entonnoir, divisé en 8 compartiments ou trémies correspondant exactement par la partie inférieure aux ouvertures du plateau fixe.

Ces trémies, dont l'un des côtés est incliné dans le sens de rotation du plateau mobile, reçoivent la canne qui par son propre poids descend sur ce plateau.

Chaque trémie est divisée à sa partie inférieure par une lame ou diaphragme de tôle qui la partage en deux parties, et qui aide à maintenir la canne dans sa position primitive, dont elle tend toujours à s'écarter.

Une crapaudine verticale fixée à l'arbre soutient le plateau mobile et permet de régler exactement la distance qui doit exister entre ce dernier et le couvercle fixe.

Les cossettes tombent dans le fond de la cuve, d'où elles sont rejetées par un ramasseur mû par l'arbre avec une vitesse moindre que celle du plateau mobile ; puis elles sont poussées dans un plan incliné par lequel elles arrivent au transporteur.

Une pierre ou tout autre corps dur se glissant par les trémies sur le plateau coupeur a pour effet d'ébrécher les couteaux ; aussi, lorsque cet accident arrive, il est nécessaire de changer immédiatement les couteaux avariés, car le couteau ébréché frappant sur la canne ne la couperait plus franchement, et produirait des parties effilées qui, entrant peu à peu dans les intervalles du couteau et du contre-couteau, produiraient des bourrages.

La boîte à huile servant à graisser la crapaudine doit être tou-

Digitized by Google

jours très propre et bien alimentée pour éviter l'échauffement de cette dernière, ce qui entraînerait un arrêt dans la marche.

Les porte-couteaux sont identiques à ceux dont on se sert pour le coupe-racines.

Un coupe-cannes employé à Java a fonctionné pendant une année entière sans autres arrêts que ceux exigés pour le changement des

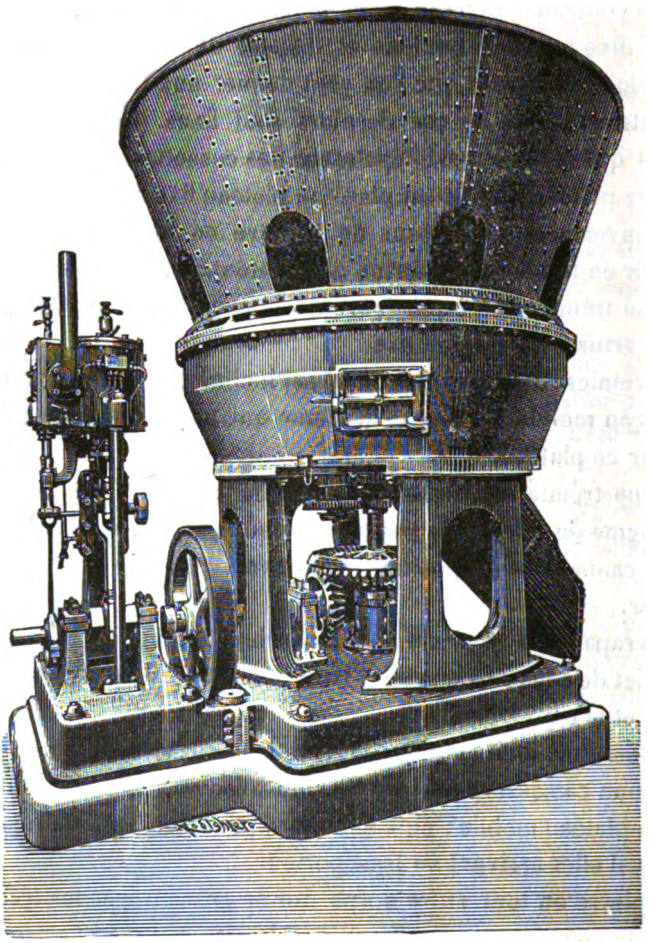


Fig. 364. — Coupe-cannes.

couteaux, qui peut s'opérer en cinq minutes. Un couteau fonctionnant sans cesse est émoussé en 4 heures : on le change, et on le remet en service après affutage.

L'appareil dont il vient d'être question avait un plateau de 1 m. 80 avec des couteaux de 0 m. 45 de longueur sur une largeur de 0 m. 07,

Digitized by Google

dont la vitesse était de 100 tours à la minute. Six ouvertures et trémies l'alimentaient ; il fournissait par minute et par canne 1.000 cossettes, ce qui donnait 150.000 cossettes par minute pour l'appareil entier.

Les cossettes étant coupées à une épaisseur de 2,5 à 3 mm. la machine peut couper 300.000 kg. de cannes en 24 heures.

Si l'on désire couper les cossettes à 1 mm., il faut changer les couteaux plus souvent, mais le rendement des coupe-cannes sera aussi beaucoup diminué.

L'appareil à 17 couteaux décrit ci-dessus peut donner 500.000 kg. de cossettes en 24 heures.

La Société des anciens établissements Cail construit également des coupe-cannes à plateaux horizontaux. Des appareils de son système fonctionnent à la République Argentine et donnent de bons résultats.

BATTERIE DE DIFFUSION DE CANNES

La batterie de diffusion de betteraves a été décrite à la page 215 du tome I ; le matériel pour la diffusion de la canne lui est semblable comme disposition générale, et nous ne nous y arrêterons pas. Nous ajouterons cependant que la porte inférieure des diffuseurs doit s'ouvrir entièrement pour laisser tomber les cossettes épuisées qui, enchevêtrées les unes dans les autres, forment un cylindre qui descend d'une seule masse ; c'est pour cette même raison que l'on donne aux diffuseurs la forme cylindrique. Les anciens établissements Cail les construisent avec un diamètre légèrement plus grand à la base qu'à la partie supérieure.

Elévateur de cossettes fraîches. — Lorsque le coupe-cannes n'est pas placé au-dessus de la batterie de diffusion, mais installé au niveau du sol pour la commodité de la manutention des cannes, on élève les cossettes à l'aide d'un élévateur à godets qui les verse dans une trémie placée à 6 ou 8 mètres au-dessus de la batterie. L'extrémité supérieure de cette trémie, tournant sur des galets, passe par la verticale formant le centre de la batterie, et son extrémité inférieure se termine à la circonférence formée par le haut des diffuseurs ; cette même trémie peut donc remplir tous les diffuseurs. Pour faciliter la descente des cossettes le long de la trémie, on donne à celle-ci une inclinaison de 40 à 45° sur l'horizontale.

Digitized by Google

Si la batterie est en ligne, l'élévateur déverse directement sur la courroie sans fin qui passe entre les deux lignes de diffuseurs.

Nombre de diffuseurs. — La batterie de diffusion de cannes se compose de 16 à 18 diffuseurs, d'une contenance très variable, allant souvent jusqu'à 60 hl.; mais on ne peut les charger à plus de 40 à 45 kg. de cossettes par hl.

Lorsque l'on doit faire la défécation dans les diffuseurs, la batterie devrait se composer d'au moins 18 diffuseurs, car comme nous l'indiquerons plus tard, avec 16 diffuseurs la densité du jus est toujours faible.

Fosse à cossettes et transporteur à hélice. — Sous les diffuseurs se trouve une fosse à cossettes épuisées dont les bords extérieurs assez élevés évitent les projections d'eau en dehors, à l'ouverture des portes inférieures. La pente intérieure fortement inclinée est dirigée vers un transporteur à hélice dont les ailettes sont en forte tôle. Si ces ailettes étaient en fonte la cossette épuisée, qui est un ligneux très dur, casserait facilement les ailettes dans un bourrage.

Bacs mesureurs. — Sur le plancher de la diffusion se trouvent deux bacs mesureurs en communication avec la batterie; ces deux bacs sont munis à l'intérieur de deux serpentins destinés à réchauffer les jus déféqués.

Compresseur d'air. — En outre du bac à eau en charge, on est souvent obligé d'employer l'air comprimé pour chasser le jus dans la batterie. Dans les colonies où l'eau fait souvent défaut, l'emploi de l'air comprimé est presque général.

Mise en route et marche de la batterie. — Avant de mettre la cossette dans le premier diffuseur, on s'assure que toutes les portes du fond des diffuseurs ainsi que tous les robinets sont bien fermés, et que la pression est mise sur tous les joints hydrauliques.

On remplit les trois ou quatre derniers diffuseurs de la batterie que l'on chauffe à la température de 90°. A cet effet, étant donnée une batterie de 16 diffuseurs, on ouvre le robinet d'eau du diffuseur n° 14; lorsque celui-ci est plein d'eau, ce dont on s'aperçoit lorsque l'eau sort par le robinet d'air situé sur le couvercle du diffuseur, on le ferme, puis on ouvre les robinets de jus des diffuseurs 14 et 15 et en même temps on met la vapeur dans les deux calorisateurs correspondants; le diffuseur 15 étant plein d'eau, on ouvre le robinet de communication du diffuseur 14 et les robinets de jus des diffuseurs 15 et

Digitized by Google

16, ainsi que les robinets de vapeur de leurs calorisateurs. L'eau sortant par le robinet d'air du diffuseur 16, a alors atteint une température de 90 à 92°. (Voir le schéma de la diffusion, figure 365).

On remplit alors de cossettes fraîches le diffuseur n° 1; lorsque la cossette est arrivée à environ un mètre de la partie supérieure du diffuseur, on la répartit uniformément avec une palette, on la tasse jusqu'à ce que le diffuseur soit plein; on doit même laisser le diffuseur se remplir jusqu'au haut et, une fois la trémie enlevée, faire tasser par l'homme qui est chargé de la manœuvre des portes; on pousse la trémie sur le diffuseur n° 2, et on ferme la porte supérieure, en laissant ouvert le robinet d'air qui se trouve sur le couvercle.

On *meiche* alors ce diffuseur, c'est-à-dire qu'on le remplit avec l'eau du diffuseur précédent en la faisant arriver par le fond; à cet effet, on ouvre complètement le robinet de jus (J^{12}) (schéma fig. 365), et légèrement le robinet de jus du diffuseur n° 1 (J^{1}), l'eau du diffuseur passe par le tuyau J^{12}-J^{1}, descend par le calorisateur 1 et entre par le bas dans le diffuseur en chassant l'air par le robinet qui est resté ouvert. Lorsque le diffuseur est plein, le jus sort par ce robinet, qu'on ferme; aussitôt on retourne la circulation, en fermant le robinet de jus (J^{12}) et en ouvrant le robinet de circulation (C^{12}), l'eau entre par en haut et pousse le jus dans le sens contraire.

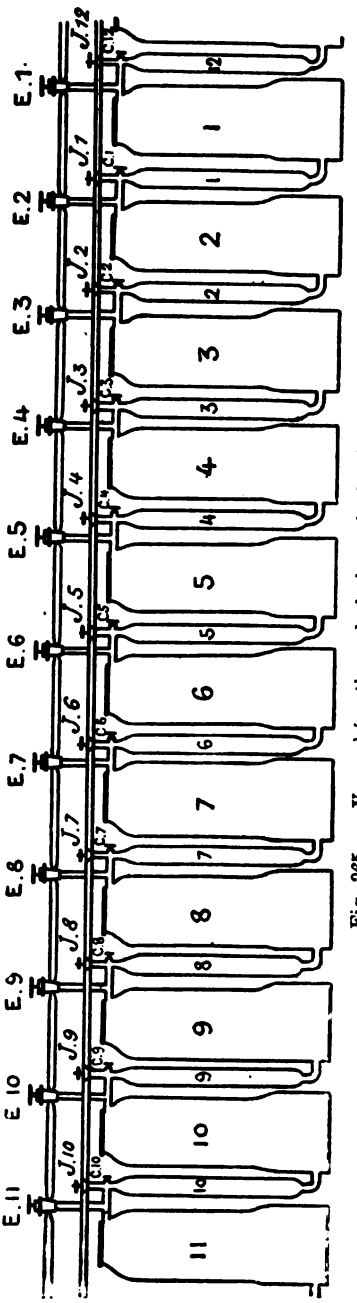


Fig. 365. — Vue schématique de la batterie de diffusion.

Digitized by Google

Pendant ce temps, le diffuseur 2 s'est rempli de cossettes que l'on a tassées, la trémie a été mise sur le diffuseur n° 3, et la porte supérieure fermée, on recommencera l'opération décrite plus haut : on ouvrira J^1 en grand, J^2 légèrement et lorsque le jus sortira par le robinet d'air on fermera J^1 et on ouvrira complètement C^1.

On continuera ainsi le remplissage de la batterie en passant successivement d'un diffuseur à un autre.

Lorsqu'on aura rempli 5 ou 6 diffuseurs, on commencera à vider les 3 diffuseurs pleins d'eau ; pour cela on fermera le robinet d'eau du diffuseur n° 14 et on remplacera sa pression par celle de l'air comprimé.

Lorsque l'air comprimé arrive dans le diffuseur n° 1, ce dont on se rend compte en ouvrant de temps en temps le robinet d'air situé sur ce diffuseur, on retire la pression de l'air sur le diffuseur 14 et on la met sur le diffuseur n° 1 en ouvrant son robinet d'eau.

Le diffuseur 14 étant plein, on procède au soutirage d'une partie du jus. A cet effet, on retourne le courant dans ce diffuseur, comme nous l'avons dit, en fermant le robinet de jus et en ouvrant le robinet de circulation ; on ouvrira complètement le robinet de jus de ce diffuseur et le robinet du bac mesureur. Le jus sortant par le calorisateur 14 suivra le tuyau général de jus et arrivera dans le bac, poussé par la pression soit de l'eau, soit de l'air comprimé ; dans ce dernier cas, on aura fermé le robinet d'eau du diffuseur n° 1 et ouvert son robinet d'air comprimé. L'eau chassée du diffuseur n° 1 par l'air passe dans le diffuseur n° 2. Lorsque l'on a soutiré la quantité de jus voulue, on ferme le robinet du bac mesureur, et l'on meiche le diffuseur n° 15.

Le diffuseur n° 1 débarrassé de son eau sera alors vidé après qu'on aura transporté la pression sur le diffuseur n° 2 en fermant le robinet de circulation de ce diffuseur et en ouvrant son robinet d'eau.

Tous les robinets du diffuseur n° 1 étant fermés et la pression hydraulique étant cassée, l'on peut ouvrir la porte inférieure du diffuseur.

On voit donc que, sauf le diffuseur de queue qui a son robinet d'eau ou d'air comprimé ouvert et celui de tête son robinet de jus ouvert ou fermé, tous les diffuseurs pleins ont leurs robinets de circulation ouverts.

Digitized by Google

Chauffage. — Le chauffage doit être conduit avec un très grand soin ; on chauffe en général les 6 ou 7 diffuseurs de tête à 93-95°, laissant descendre ensuite la température jusqu'au dernier qui aura la température donnée par celle normale de l'eau. Pendant le meichage surtout, il faut donner autant de vapeur que possible aux deux calorisateurs dans lesquels circule le jus.

On doit éviter de chauffer au-dessus de 95°, car alors il se forme dans les calorisateurs de la vapeur qui, en se condensant et se reformant, arrête la circulation. Avec un chauffage à 100°, la vapeur formée faisant pression sur tout le jus, pourrait occasionner des fuites par les portes.

Composition du jus pendant la marche de la diffusion. — Nous donnons ci-dessous les analyses faites en 1888 à l'usine de Wonopringo (île de Java) sur le jus pris en même temps sur tous les diffuseurs en service.

13 juillet 1889		Densité	Degrés Brix	Sucre cristallisable	Quotient de pureté	Température
Jus normal.		1.067	16,4	14,35	87,50	
Diffusion.	1	1.054	13,4	11,66	87,01	69°
»	2	1.036	9 —	7,53	83,66	77
»	3	1 028	7,1	5,95	83,80	92
»	4	1.023	5,8	4,64	80 »	91
»	5	1 019	4,9	3,88	79,18	89
»	6	1.015	3,9	3,09	79 23	88
»	7	1.813	3,4	2,67	78,52	87,5
»	8	1.010	2,6	1,98	76,15	88
»	9	1.007	1,9	1,42	74,73	87
»	10	1.005	1,4	1,02	72.85	90
»	11	1.004	1,1	0,83	77.27	92
»	12	1.0015	0,4	0,29	72,50	92
»	13	1.0005	0,15	0,06	40 »	81

13 août 1888		Densité	Degrés Brix	Sucre cristallisable	Quotient de pureté	Température
Jus normal		1.074	17,9	16,52	92,29	
Diffusion	1	1.067	16,3	15,03	94,20	72°
»	2	1.041	10,2	9,18	90,00	76°
»	3	1.032	8,1	7,06	87,16	93°
»	4	1.024	6,1	5,34	87,54	92°
»	5	1.020	5,2	4,56	87,69	91°
»	6	1.017	4,3	3,73	86,74	89°
»	7	1.013	3,3	2,68	81,21	92°
»	8	1.010	2,6	1,89	76,15	93°
»	9	1.007	1,8	1,32	73,33	93°
»	10	1.006	1,6	1,14	71,25	74°
»	11	1.004	1,1	0,76	69,09	64°
»	12	1.003	0,8	0,48	60,00	58°
»	13	1.001	0,3	0,14	46,66	48°

Digitized by Google

Si à chaque soutirage on prend un échantillon de jus, toujours sur le même diffuseur, les résultats sont à peu près les mêmes que ci-dessus ; ils sont représentés dans le tableau suivant :

28 juillet	Densité	Degrés Brix	Sucre cristallisable	Quotient de pureté
Jus normal	1.081	19,4	17,5	88,40
Diffusion 1.	1.066	16,1	14,26	88,57
» 2.	1.043	10,7	9,13	85,32
» 3.	1.033	8.4	7,10	84,52
» 4.	1.026	6.6	5,57	84,39
» 5.	1.020	5,2	4.48	86,15
» 6.	1.016	4,2	3.41	81,19
» 7.	1.013	2,4	2,78	81,27
» 8.	1.010	2,6	1,89	72,69
» 9.	1.007	1,8	1,28	71,11
» 10.	1.004	1,2	0,85	70,83
» 11.	1.003	0,8	0,56	70,00
» 12.	1.002	0,6	0,29	48,33
» 13.	1.005	0,2	0,08	40,00

A différents moments du soutirage on a pris des échantillons de jus sur la soupape isolant la conduite générale et le bac mesureur, afin d'avoir une idée de ce que sont les densités des diverses couches de jus dans le diffuseur. On soutirait 18 hl. par diffuseur, le 9 juillet 1888. Les essais ont donné les résultats suivants :

Après soutirage de :	Densité	Degrés Brix	Sucre cristallisable	Quotient de pureté
0,5 hl	1.045	11,7	9,99	89,19
3 »	1.046	11,4	10,13	88,25
8 »	1.048	11,9	10,52	88,30
13 »	1.050	12,4	10,77	86,85
17,5 »	1.051	12,6	11,35	90,07
	1.048	11,9	10,55	88,67
Les 18 hl. dans le bac mesureur	1.048	11,9	10,66	89,57

Le jus le plus dense se trouve donc à la partie supérieure du diffuseur, tandis qu'au soutirage c'est le jus du bas qui est conduit vers la fabrique.

Composition du jus sortant de la diffusion. — Le jus de diffusion est plus pur, moins chargé de matières organiques en suspension et moins coloré que le jus extrait par les moulins.

Voici les résultats obtenus à Cuba dans une usine marchant simultanément avec des moulins sans imbibition et avec la diffusion.

Digitized by Google

	Moulin cannelé Krajewski et Pesaut	1e moulin	2e moulin	Diffusion
Densité	108,8	108.0	107.8	106.2
Baumé	11,6	11,1	10,7	8,6
Sucre % cm³ de jus	20,43	18,62	17,80	14,83
Glucose % cm³ de jus	0,34	0,33	0,33	0,28
Non sucre	2,01	2,25	2,54	1,32
Glucose % de jus	1,98	1.65	1,85	1,90
Pureté	89,7	87,8	86,5	90,3

DÉFÉCATION DANS LES DIFFUSEURS

La conduite de la batterie, lorsqu'on fait la défécation dans les diffuseurs, est identique à celle que nous avons décrite dans le paragraphe précédent.

Pendant que l'on remplit un diffuseur de cossettes, on répand dans ce diffuseur un lait de chaux pesant 20c Baumé et en quantité proportionnée à la quantité de cannes qu'il contient. On doit verser ce lait de chaux pendant tout le temps que l'on charge le diffuseur. (On met en général de 10 à 15 l. de lait de chaux dans un diffuseur de 60 hl. Une analyse fréquente de l'alcalinité du jus indiquera exactement la quantité de lait de chaux à ajouter.

Comme le jus du diffuseur de tête n'est qu'à 70-75° de température, ce jus ne serait pas déféqué si on le tirait ; aussi on soutire le jus du deuxième avant celui-ci.

Supposons que le diffuseur de tête soit le diffuseur n° 9, on aura à soutirer le diffuseur 7. Pour cela on fermera tous les robinets des diffuseurs 8 et 9 ainsi que les valves de vapeur des calorisateurs, on ouvrira le robinet de jus du diffuseur 7 (J^7) et le robinet du bac mesureur, en laissant la vapeur sur le calorisateur 7. — Lorsqu'on aura tiré la quantité de jus voulue, on rétablira la circulation dans les diffuseurs 8 et 9 en ouvrant les robinets de circulation de ces diffuseurs. On meichera alors le diffuseur 10 et on recommencera ensuite l'opération décrite ci-dessus pour soutirer le diffuseur 8.

Le jus que l'on a envoyé dans le bac mesureur est réchauffé à 95-98° : il se forme une légère écume gris-blanchâtre, composée de matières albuminoïdes et de débris de cannes ; on écume et on envoie le jus sur des filtres à toile (filtres Philippe, etc.).

Il faut en général 30 à 40 m. de surface filtrante en toile pour 100.000 kg. de cannes travaillées par 24 heures.

En outre de la chaux, on a aussi employé le carbonate de soude,

Digitized by Google

la baryte, etc., comme épurants dans la batterie ; les résultats ont été identiques à ceux obtenus par la chaux.

Le soutirage du troisième diffuseur de tête a le grave inconvénient de donner un jus moins dense que le soutirage du diffuseur de tête, et si l'on obtient 105 à 110 l. par 100 kg. de cannes avec ce dernier procédé, en tirant sur le troisième diffuseur on arrive forcément à un tirage de 115 à 118 l. ; il est vrai que cet inconvénient est largement compensé par la suppression de la défécation.

Comparaison entre un jus déféqué dans la batterie de diffusion et un jus provenant des moulins et déféqué dans les défécateurs

	Jus des moulins	Jus de diffusion
Densité	107.6	105 6
Baumé	10,3	7,8
Sucre % de jus	17,67	13,24
Glucose % de jus	0,21	0,17
Glucose % de sucre	1,18	1,28
Pureté	87,7	89,1
Alcalinité par litre	0,09	0,03

Le jus de diffusion est plus jaune, ne contient aucune parcelle de cannes par suite de la double filtration qu'il subit sur les cossettes et sur les toiles des filtres. Il ne s'altère qu'après cinq à six heures d'abandon à l'air libre. Son alcalinité va toujours en décroissant dans la batterie, le premier diffuseur est fortement chargé en chaux.

Voici quelques résultats obtenus à la Guadeloupe.

	chaux par litre			
Diffuseur de tête	0,60	0,72	0,63	0,65
2e diffuseur	0,15	0,18	0,15	0.14
3e diffuseur	0,03	0,06	0,04	0,04
4e diffuseur	neutre	0,02	neutre	neutre
5e diffuseur	trés légt. acide	très légt. acide	très légt. acide	très légt. acide

SOLUTION DE QUELQUES PROBLÈMES QUI SE PRÉSENTENT DANS LA DIFFUSION DE LA CANNE

Nous allons nous efforcer de résoudre les quelques problèmes que suscite l'application de la diffusion de la canne dans une usine, en nous posant dans les plus mauvaises conditions.

1° *Quelle sera la quantité de vesou extrait de la canne?*

Soit... 0,500 la quantité de sucre laissé dans la canne
0,150 — — perdu dans les petites eaux.

0,650 le sucre perdu pour 100 kg. de cannes.

Digitized by Google

Si nous prenons une canne dont le vesou normal contient 17,79 de sucre,

la perte de vesou sera $\frac{0,65 \times 100}{17,69} = 3$ kg. 6 ;

et si nous admettons que la canne contient 88 % de vesou et 12 % de ligneux,

l'extraction sera 88 — 3,6 = 84,4.

2° *Quelle sera la densité du jus normal par rapport à un jus normal de densité* 1080 *en tirant* 120 *l. pour* 100 *kg. de cannes?*

84 kg. 4 de jus normal correspondant à : $\frac{84,4}{1.080} = 77$ l. 94.

Comme on a tiré 120 l. de jus, on a ajouté

120 — 77,94 = 42 l. 06.

Le poids total du jus de diffusion sera donc

84,4 × 42,06 = 126,46

Et sa densité sera $\frac{126,46}{120} = 1.054$

3° *Quelle est la quantité d'eau nécessaire pour faire marcher une batterie de diffusion de* 60 *hl. et pouvant travailler* 500.000 *kg. de cannes par* 24 *heures?* — Nous avons vu que lorsque l'on tire 120 l. de jus pour 100 kg. de cannes, on a ajouté 42 l. 06 d'eau dans le jus.

La cossette en tombant du diffuseur contient environ 100 % d'eau ; de plus, lorsque l'on ouvre la porte inférieure, il y a une certaine quantité d'eau située sous le faux fond perforé ainsi que dans la tuyauterie du calorisateur, quantité que l'on peut estimer à environ 1 % du poids de la canne.

Nous aurons donc pour 100 kg. de cannes travaillées

42 kg. 06	d'eau de dilution.
100 kg. 00	d'eau imbibant les cossettes.
1 kg. 00	pour la vidange, le lavage, etc. du diffuseur.

143 kg. 06 ; soit au maximum 145 l. d'eau pour 100 kg. de cannes, ce qui nous donnera pour le travail indiqué plus haut :

$$\frac{500.000 \times 145}{100} = 7.250 \text{ hl .d'eau.}$$

La cossette pressée dans deux séries de moulins abandonne environ 40 % de son eau d'imbibition et brûle assez facilement dans les fours Godillot, Cook, etc.

4° *Quelle sera la quantité de charbon ou autre combustible supplémentaire pour évaporer l'eau de diffusion.* — Lorsque l'on travaille avec les moulins, toute la bagasse sert au chauffage et l'on est rarement obligé d'ajouter du combustible aux générateurs.

Le combustible que l'on sera obligé de brûler suffira donc à évaporer

Digitized by Google

l'eau de dilution. Nous avons vu qu'en tirant à 120 l. de jus pour 100 kg. de cannes l'on ajoutait 42 l. 06 d'eau.

Or, on sait que la vapeur produite par 1 kg. de charbon brûlant sur la grille d'un générateur évapore dans un triple effet 15 kg. d'eau.

$$\frac{42,06}{15} = 2 \text{ kg. } 800.$$

Si pour le chauffage de la batterie et la marche des coupe-cannes l'on compte qu'il faille la vapeur produite par 1 kg. de charbon, nous trouvons que l'excès de combustible sera au plus de 2 kg. 800.

M. de Faymoreau a publié (1) un rapport sur la diffusion de la canne à l'usine de Britannia (Ile Maurice), où après avoir décrit tous les appareils et les transformations nécessitées par l'installation de la diffusion de la canne dans cette usine, il résume comme suit les inconvénients et les avantages résultant de la diffusion :

Quels ont été les inconvénients de la diffusion à Britannia? — 1° Par la diffusion, les 88 % de jus contenus dans la canne sont augmentés de 22 parties quand le soutirage est de 110 l. par 100 kg. de cannes, et de 32 parties quand le soutirage a lieu à raison de 120 l. de jus pour 100 kg. de cannes. Dans le premier cas, on a 25 % de jus en plus et dans le second 36 % de jus en plus à évaporer.

2° Les cossettes de cannes, tout à fait dépouillées de sucre, passées dans les moulins et brûlées dans les fours spéciaux, sont un combustible très inférieur à l'ancienne bagasse sortant des moulins.

3° De plus, l'ensemble de la force mécanique nécessaire pour mouvoir les coupe-cannes, les vis d'Archimède, le compresseur d'air, les monte-charges, ainsi que les deux moulins, occasionnent une plus grande dépense de vapeur que celle précédemment employée par les deux moulins broyant seulement les cannes.

Ces trois causes ont nécessité l'emploi de deux nouveaux générateurs de 150 chevaux chacun, en plus des trois générateurs de 150 chevaux qui suffisaient avec l'installation ancienne, pour la même production journalière de sucre.

Enfin, le travail d'usine, au lieu de durer de 15 à 18 heures suivant les appareils, comme par le passé, est continu, ce qui a forcé de créer une double équipe de travailleurs pour certains appareils.

Quels ont été les avantages de la diffusion à Britannia? — Les rendements de la canne en sucre étaient précédemment de 8 kg. 25 par 100 kg. de cannes et, tel était encore le rendement de la canne dans la semaine qui a précédé le fonctionnement de la diffusion.

Pendant les deux premières semaines de la diffusion, Britannia a tra-

(1) *Bulletin des Études coloniales et maritimes.*

Digitized by Google

vaillé un mélange de cannes Port-Makay dont la richesse était de 14 %, et de cannes Lousier riches à 16 % (les Port-Makay dominaient dans ce mélange) ; les rendements ont été de :

11,25 pour la première semaine,
12,25 pour la deuxième semaine.

La quantité de charbon brûlée, en y comprenant la période d'essai, a été de 750 kg. par 1.000 kg. de sucre produit.

L'accroissement du rendement de la première semaine du travail de la diffusion est rigoureusement proportionnel à l'extraction des jus, si l'on admet que les moulins tiraient 63 à 64 % de jus du poids de la canne. En effet la proportion

$$64 : 8,25 :: 88 : x \text{ nous donne } \frac{8,25 \times 88}{64} = 11,34.$$

Le rendement de 12,25 de la seconde semaine ne peut s'expliquer que par le travail de cannes sensiblement plus riches (probablement de l'espèce Lousier qui dominait dans le mélange), et par un meilleur rendement des masses cuites. Ce dernier résultat est dû à la pureté des jus de diffusion qui contiennent infiniment moins d'albumine, de pectine, que les jus provenant du broyage de la canne, et qui ne contiennent surtout aucune de ces matières colorantes de l'écorce de la canne, qui rendent si difficile le travail des jus de deuxième et troisième pression des moulins.

Avant la diffusion, Britannia travaillait journellement 218.200 kg. de cannes, qui donnaient 18.000 kg. de sucre.

Depuis la diffusion, pendant la période d'essai, Britannia a travaillé 150.000 kg. de canne par jour, qui ont donné au rendement de 12,25 %, 18.375 kg. de sucre.

Britannia, dont la production était précédemment de 2.000 t. de sucre fera donc, avec les mêmes quantités de cannes, 3.040 t. de sucre en brûlant 2.250 t. de charbon. Le sucre valant à Maurice 485 fr. la tonne et le charbon 80 fr. la tonne au maximum, on voit que l'accroissement de recettes sera de 480.000 fr. pour un surcroît de dépenses de 180.080, d'où un bénéfice de 300.440 fr. Tous ces calculs sont faits pour un change de 40 % environ.

Comme nous le verrons plus loin, la plupart des usines qui avaient installé la diffusion de la canne ont été amenées, pour des raisons diverses, à renoncer à cette méthode de travail pour en revenir aux moulins.

DIFFUSION DE LA BAGASSE

Dans ces dernières années, plusieurs tentatives ont été faites en vue de combiner le broyage avec la diffusion. Les procédés préco-

Digitized by Google

nisés à cet effet consistent à extraire la majeure partie du jus à l'aide des moulins et à traiter ensuite par diffusion la bagasse obtenue afin d'en extraire le jus résiduel. Une telle combinaison permettrait d'éviter les inconvénients inhérents à la diffusion de la canne et présenterait de réels avantages si elle pouvait être adaptée aux exigences de la pratique.

Comme dans ce procédé les cannes sont broyées dans les moulins, le coupe-cannes est supprimé et la bagasse peut être soumise à la diffusion à la sortie du premier ou du deuxième moulin. On obtient ainsi 80 % du jus à un état non dilué, et les 20 % de jus restant dans la bagasse peuvent être extraits sans que la dilution (calculée pour 100 de jus normal) soit plus forte que dans le travail ordinaire des moulins.

Un procédé de ce genre a été appliqué en Egypte par M. Perrichon, mais il n'a pas été maintenu. Nous le décrirons donc simplement à titre documentaire.

Epuisement de la bagasse, procédé Perrichon (1). — Ce procédé a été essayé à l'usine de Rodah, une des sucreries de cannes de la Daïra Sanieh, en Égypte. L'installation a été faite pour traiter la bagasse de 1.000 t. de cannes par jour. Elle a fonctionné du 20 décembre 1897 au 25 mars 1898 avec une fabrication totale de 90.000 t. de cannes. On a obtenu un rendement de 9 % de sucre du poids de la canne contre 8,3 % de premier jet en moyenne dans l'ensemble des autres usines de la Daïra. L'excédent de rendement sur l'ancien mode de travail est de 8 % environ.

Le procédé repose sur le lavage méthodique de la bagasse dans une série de wagonnets. L'eau de lavage passe successivement dans neuf de ces wagonnets chargés de bagasse ; à la sortie du 9e, on recueille le 1/3 environ de l'eau initiale sous forme de petit jus à 4° B. On envoie ce jus à la clarification, tandis que la bagasse lavée est repressée dans un moulin, puis envoyée aux générateurs de vapeur.

Les résultats d'une journée (6 janvier 1898) de travail ont été les suivants :

Jus des moulins.

	n° 1 et 2 1e pression	n° 3 2e pression
Densité à 15° C.	1.060	1.063
Matières solides % cm³	16,00	16,81
Sucre % cm³	12,33	13,74
Pureté	77,60	81,14

(1) *Journ. des Fab. de sucre*, 1900, n° 41.

Digitized by Google

Jus des moulins

	Jus de lixiviation	Jus des moulins et jus de lixiviation mélangés	Eau de répression de la bagasse lixiviée
Densité	1.020	1.052	1.003
Matières solides % cm³	1,87	13,79	0,90
Sucre % cm³	5,47	10,92	0,766
Pureté	79,62	79,19	85,00

Quant à la quantité d'eau, il est dit que 5 t. se réduisent après le 9e lavage à 1/3 soit 1,666 t. Le volume de la bagasse soumise au lessivage dans chaque wagonnet est de 90 hl., pesant, à raison de 20 kg. l'hl., 1 t. 3/4.

Diffusion de la bagasse, procédé Hamaker-Geerligs (1). — En 1903, une série d'essais de diffusion de la bagasse furent exécutés à Java. On s'est servi à cet effet de la batterie de diffusion qui existait à l'usine et qui avait servi à la diffusion de la canne. Cette batterie avait une capacité de 250-300 t. par 24 heures ; elle a été trouvée suffisante pour traiter 450 t. de bagasse par 24 heures, avec un épuisement poussé jusqu'à 0,25 % et une dilution de 19,6 parties d'eau sur 100 parties du jus normal. Comme la quantité de cannes broyées était de 2.000 t., ces expériences revêtent un caractère industriel, et non des essais de laboratoire. Elles ont montré que pour se prêter convenablement à la diffusion, la bagasse doit être broyée finement et uniformément, telle qu'on l'obtient au moyen du défibreur et d'une double pression. Il s'est trouvé également que l'augmentation de l'extraction a pour effet de faire passer dans le jus une grande quantité d'impuretés, de sorte que là où le jus extrait de la bagasse par le 3e moulin avait une pureté plus faible de six points par rapport à celui du premier moulin, le jus extrait de cette même bagasse par diffusion avait un quotient de pureté de 8 à 11 points inférieure à celle du jus du même premier moulin du jus normal. Le jus de pression et de diffusion mélangé avait, après clarification, une pureté plus faible de 0,7 que le jus clarifié extrait des mêmes cannes par triple pression. La bagasse humide sortant des diffuseurs a pu être débarrassée aisément de son excès d'eau dans un moulin à 3 cylindres, et contenait alors en moyenne 48 % d'eau ; elle a pu être brûlée facilement sous les chaudières sans dessiccation préalable au soleil.

On a obtenu ainsi une extraction de 98 % du jus avec une dilu-

(1) *International Sugar Journal*, 1903, p. 571.

Digitized by Google

tion de 19,6 % du jus normal et une faible différence de pureté dans le jus clarifié comparativement à celle du jus obtenu par la pression. L'épuisement des mélasses a été le même (à 30° de pureté) que pour les jus de moulins. Seules les masses cuites de 2e jet avaient une viscosité plus grande que d'habitude.

Le transport de la bagasse épuisée a présenté quelques difficultés. En outre, on a éprouvé de grandes difficultés dans le chargement et la vidange des diffuseurs dont la forme, adoptée primitivement pour le travail des cossettes, se prête très mal au traitement d'une matière aussi encombrante que la bagasse. La circulation du jus a été excessivement lente.

Il eut fallu installer une nouvelle batterie, de forme appropriée à la bagasse ; mais les propriétaires de l'usine où furent faites les expériences ont préféré s'en tenir à leur installation de moulins à triple pression, d'autant plus que les inventions nouvelles, n'étant pas protégées à Java, on se serait exposé à faire des expériences coûteuses qui, si elles avaient réussi, auraient profité à d'autres sans qu'il fut possible d'espérer aucune compensation.

DIFFUSION DE LA BAGASSE, PROCÉDÉ L. NAUDET [1]

Observations préliminaires. — Pour appliquer la diffusion de la bagasse, il faut avant tout avoir de la bagasse diffusible et lixiviable, non réduite en poussière, permettant au jus de circuler rapidement à travers les diffuseurs, de manière à ce que le travail de la batterie se rapproche toujours de son maximum. Le premier point est donc de chercher à obtenir de la bagasse lixiviable. A cet effet, M. Naudet conseille d'employer avant le moulin un crusher ou broyeur de cannes qui, de l'avis de tous les praticiens, augmente la capacité du moulin de 25 à 35 %, simplement parce qu'il présente la canne d'une certaine façon et évite 25 à 30 % de vide dans le moulin. Le Crusher qui atteint le mieux ce but est le crusher Krajewski : il broie la canne dans ses engrenages, et la divise en morceaux de 25 à 30 cm. qui forment un lit épais de matière enchevêtrée, et empêchent les rubans de se reformer en absorbant du liquide dans les diffuseurs.

Le moulin doit donner 65 % d'extraction, c'est-à-dire que 100 kg. de cannes doivent produire 65 kg. de vesou et 35 kg. de bagasse. Or, pour arriver à une telle extraction, il faut que la distance de sortie

[1] D'après un rapport publié par l'inventeur. *Bull. Ass*, mai 1910.

Digitized by Google

entre les masses soit le tiers de l'entrée ; en outre, on devra employer un moulin à machine à vapeur puissante permettant d'y faire passer dans les conditions d'extraction sus-indiquées une épaisse couche de cannes.

La bagasse correctement divisée et autant que possible exempte de poussière peut être envoyée à la diffusion. Toutefois, si l'on veut assurer le succès de l'opération, on pourra faire passer cette bagasse dans un défibreur Newel, qui est l'appareil le plus pratique pour ouvrir toutes ces cannes enchevêtrées sans produire de poussière. Cet appareil peut rendre d'excellents services, mais à la condition formelle d'être alimenté par un transporteur à grande vitesse qui lui apporte la bagasse par petits paquets et le fasse travailler sans interruption, au lieu de lui fournir toutes les 30-40 secondes 400 ou 500 kg. de cannes qui passent rapidement au travers.

Diffusion. — On emploie 10 ou 12 diffuseurs, dont 8 seulement seront en activité, car pour assurer la régularité du travail et empêcher les arrêts, il faut avoir au moins deux diffuseurs vides.

Ces diffuseurs ont tous 8 soupapes (1) :

A Soupape de jus pour envoyer le jus déféqué et filtré au bac mesureur.
B Soupape de communication d'un diffuseur à l'autre.
C Soupape d'eau.
D Soupape d'air comprimé.
E Soupape pour la rentrée des eaux de moulin et de vidange.
F Soupape de refoulement des jus du compensateur sur la batterie.
G Soupape de jus permettant le retour du jus au compensateur.
H Soupape permettant de rentrer sur la bagasse le vesou qui en a été extrait, dans le but de reconstituer dans le diffuseur la canne qui a été broyée par le crusher et par le moulin.

Malgré ce grand nombre de soupapes (5 nécessaires pour la diffusion ordinaire lorsqu'on emploie l'air comprimé et qu'on rentre les petites eaux, 3 spéciales au procédé à circulation forcée), la manœuvre est peu compliquée, car même à Cuba on n'a jamais rencontré de difficulté pour la manœuvre.

On remplit donc un diffuseur avec la bagasse venant du moulin, on la tasse le mieux possible de manière à en charger 55 kg. par hectolitre, soit pour un diffuseur de 25 hl. 1.350 à 1.400 kg. de

(1) Que le lecteur ne cherche pas la figure à laquelle se rapporte cette légende : M. Naudet n'a pas jugé opportun de la livrer à la publicité (L'Editeur).

Digitized by Google

cannes sous la forme de 450 à 480 kg. de bagasse, et on ajoute 25 hl. de vesou qu'on en a extrait ; le vesou entre par la soupape H pendant l'emplissage.

On ferme ensuite la soupape H et on ouvre la soupape G pour finir l'emplissage avec du jus du compensateur. Le meichage étant terminé, on ouvre la soupape F, la soupape G restant ouverte, on refoule du jus chaud à 100° par F à l'aide de la pompe, le jus froid sort par la soupape G, et l'on continue cette opération de forçage pendant 1 1/2-2 minutes jusqu'à ce que tout le diffuseur forcé soit plein de jus et de bagasse à même température. Cette opération étant terminée, il suffit de fermer les soupapes F et G, d'ouvrir la communication B avec le diffuseur précédent et la soupape A communiquant avec le mesureur pour que le jus poussé d'abord par l'air comprimé pendant 9 hl. et ensuite par l'eau pendant 4 hl.-4 hl. 500, se rende au mesureur et donne les 13 hl.-13 hl. 500 qui doivent être extraits de ce mesureur. On obtient ainsi à 0,40 près au maximum l'extraction complète du sucre de la canne, soit 96,5 à 97 % avec une dilution de 15 à 18 %.

Rentrée des eaux de vidange et de repression. — Les eaux de vidange et de repression sont rentrées au moyen de la soupape E. La quantité d'eau provenant de la vidange et du moulin de repression est égale à environ 11 hl. ; on voit qu'elle complète le remplissage du diffuseur qui contient 1.400 kg. ou 11 hl. après qu'il a reçu la bagasse et le vesou. Il suffit donc pendant le meichage, au lieu de pousser à l'eau, de pousser avec les petites eaux pour les faire rentrer dans la batterie.

Cette rentrée des petites eaux présente l'avantage de parer à toutes les fautes du moulin et des ouvriers. En effet, si les petites eaux de repression de la bagasse sont rentrées à heure fixe au point de la batterie où se trouvent des jus d'égale richesse saccharine, c'est-à-dire au 4e ou au 5e diffuseur, elles ramènent dans la batterie tout le sucre extrait par la repression de la bagasse épuisée dans les diffuseurs. Or, comme toute faute qui a pour effet de ramener le jus en arrière relèvera la richesse saccharine de ces petites eaux, on devra forcément s'en apercevoir et en tenir compte ; mais, au point de vue de l'épuisement, il y aura une variation à peine sensible. En effet, la perte totale réside dans le sucre restant dans la bagasse repressée et allant aux fours ; cette bagasse est généralement à 50 % d'eau, c'est-à-dire qu'on obtient 23 à 24 % de bagasse.

Digitized by Google

Si cette bagasse contient

2 %	de sucre,	la perte	sera de	0,48
1,5 »	»	»		0,36
1 »	»	»		0,24

1 % de sucre dans la bagasse correspond à un excellent travail, 2 % de sucre décèlent un travail défectueux des cannes au moulin.

Comme on le voit, la rentrée des petites eaux ne fait en réalité rien gagner au point de vue de l'extraction du sucre : le résultat est le même que sans la rentrée de ces eaux, mais ce résultat on l'obtient sans soins spéciaux, puisqu'au lieu de pousser chaque diffuseur avec 15 hl. d'eau pure, on le pousse avec 11 hl. de petites eaux et seulement 4 hl. d'eau pure.

Mais la rentrée des petites eaux présente encore un autre avantage. L'expérience montre que pour obtenir d'une batterie de diffusion de la bagasse le maximum d'effet utile, il faut que cette batterie marche à son maximum de vitesse. Or, avant de faire la rentrée des petites eaux, on faisait difficilement plus de 7 à 8 diffuseurs à l'heure en prenant toutes les précautions pour arriver à un épuisement de 0,40, tandis qu'actuellement on peut en faire 12-13 à l'heure, étant donné que pendant la poussée de 11 hl., c'est-à-dire la moitié du temps, la vitesse du travail est la plus grande, puisque le jus n'a à traverser que 4 diffuseurs, ce qui diminue la résistance de moitié.

De cette différence de vitesse résulte une augmentation considérable de travail de l'usine et une augmentation de pureté des sirops. Ainsi, à 7-8 diffuseurs à l'heure (travail 200 tonnes), la pureté du vesou était de 79-80 pour une extraction de 68-70, et on obtenait difficilement plus de 79 dans les sirops. A 12-13 diffuseurs à l'heure, le travail est de 350 à 400 tonnes, la pureté du vesou de 79-80 avec une extraction de 65-66, et la pureté des sirops atteint facilement 82. Or, une augmentation de 2 points de pureté dans les sirops constitue un avantage tel qu'on aurait intérêt à faire la rentrée des petites eaux de répression même si elle donnait lieu à une perte de 0,60 au lieu de 0,40 ; mais, au lieu de donner une telle perte, elle la régularise et la ramène dans les limites de 0,25 à 0,50, elle augmente la pureté, facilite le travail et la surveillance.

Les petites eaux sont reprises telles qu'elles sortent des moulins et sont refoulées dans la batterie après leur passage dans un réchauf-

Digitized by Google

feur, où elles sont portées à la même température que celle du diffuseur sur lequel on les rentre.

Cette marche ainsi définie a donné toute satisfaction pendant les trois ans qu'on l'avait appliquée. M. Naudet y a apporté une modification relative à la manière de rentrer le vesou dans la batterie, les autres opérations restant les mêmes.

Modification du mode de meichage. — Nous avons vu plus haut que le vesou est rentré dans le diffuseur pendant le remplissage de bagasse ; il pénètre donc dans la matière spongieuse et reconstitue en quelque sorte la canne, mais sous une forme diffusible.

Or, malgré tous les soins on a toujours des morceaux de cannes aplatis, dont l'écorce n'est pas déchirée : le vesou gonfle ces morceaux, reproduit un morceau rond souvent de 20 et 30 cm. de long, et le vesou contenu dans ces morceaux est à l'abri des courants et ne subira ni la défécation, ni le lessivage des jus de densité décroissante, si bien qu'à la chute, alors que la moyenne des petites eaux de repression sera de 0,40, on trouvera par la pression de ces morceaux seuls 2 et 3 °/₀ de sucre dans leurs eaux. Ces morceaux, comme on le voit, enrichissent la masse et, de plus, on a une partie du jus qui subit une moins bonne défécation que le reste.

Pour remédier à cet inconvénient, M. Naudet a modifié son procédé comme suit. Au lieu de meicher d'abord avec le vesou, ensuite avec le jus du compensateur, il effectue le meichage entièrement avec le jus du compensateur, c'est-à-dire avec un jus à 10 °/₀ de sucre au lieu d'un jus à 15 °/₀, avec du jus à 100° C., au lieu de meicher avec un vesou à 25° C. Il en résulte que l'action de la circulation forcée est beaucoup plus rapide et que le diffuseur est porté presque instantanément à 100°.

Défécation et filtration sur bagasse. — Aussitôt que la circulation forcée est terminée, aussitôt que F est fermé, laissant G ouvert, on ouvre H, et par cette soupape H on refoule les 9 hl. de vesou préalablement sulfités et chaulés, ayant passé par des réchauffeurs qui ont porté sa température de 100 à 105°. Qu'arrive-t-il alors ? le vesou chasse devant lui le jus léger, le refoule au compensateur et prend sa place dans le diffuseur.

Aussitôt que ces 9 hl. sont entrés, on ferme H comme précédemment et on met la batterie en communication en l'envoyant au mesureur où vont se rendre ces 9 hl. bien filtrés, précédés et suivis

Digitized by Google

des 4 ou 4 hl. 5 de jus de batterie devant donner les 13 hl. ou 13 hl. 5 nécessaires d'extraction.

Le vesou fait autour des morceaux non perméables ce que faisait auparavant le jus léger : il n'y pénètre pas et, au lieu de tirer au bac mesureur un jus moyen à 13 °/₀ de sucre, on tire des jus dont la richesse varie de 10 °/₀ à 15 °/₀ pour redescendre ensuite à 10 °/₀ donnant non la même moyenne de 13 °/₀, mais une moyenne légèrement supérieure, 13,2 ou 13,3, c'est-à-dire donnant de suite une extraction plus grande qui se fait sentir à l'épuisement, puisque les morceaux inépuisables ne contiennent que du jus chaud et bien déféqué à 10 °/₀ de sucre au lieu de vesou froid et non déféqué à 15 °/₀.

Certes, c'est là un tour de mains un peu audacieux, qui peut paraître inutile quand on a de la bagasse bien préparée, absolument lessivable. Mais, même dans ce cas il est préférable de l'employer. En effet, on ne relève la densité du premier diffuseur qu'à 10 °/₀, au lieu de 15 °/₀ comme avant, on fait pour ainsi dire que de la diffusion de bagasse à l'eau seule sans rentrée de vesou, comme en Espagne, le vesou ne faisant que passer dans la batterie pour se filtrer et n'y séjournant que une minute et demie ou deux au plus.

C'est là un avantage considérable ; on obtient ainsi des jus de diffusion admirablement filtrés et déféqués sans traîner à sa suite des jus denses, car au lieu d'avoir dans le deuxième diffuseur des jus variant de 12 °/₀ à 9 °/₀ de sucre, on a des jus variant de 11 à 8 °/₀, c'est-à-dire que dans ce cas la chute est plus rapide et qu'elle permettrait au besoin de limiter le nombre de diffuseurs.

Repression de la bagasse. — Il s'agit ensuite d'obtenir de la bagasse sèche pour le chauffage. A cet effet, on la soumet à la repression à l'aide d'un moulin assez puissant. Pour se rendre compte de ce que doit être le moulin de repression, il suffit d'examiner le travail des moulins de 9, 12 et 15 cylindres, employés dans les usines qui n'emploient pas la diffusion : ces moulins, en effet, produisent de la bagasse à 42 °/₀ d'eau après une imbibition de 30 et même 40 °/₀ d'eau.

Or, si nous prenons un moulin de seulement 9 cylindres, nous voyons que le travail des différents cylindres est le suivant :

Digitized by Google

Travail des différents cylindres

Diamètre des cylindres	0,85	0,85	0,85
Longueur des cylindres.	1,95	1,95	1,95
Pressions hydrauliques exercées en tonnes	290 à 350 tonnes	340 à 370 tonnes	370 à 385 tonnes
Nombre de tours des cylindres par minute	2	2 1/4	2 1/2

On voit par là que le 2e élément, faisant 2 tours 1/4 au lieu de 2, est de 1/9 plus fort que le premier, avec cette différence en plus que le premier subit seulement une pression moyenne de 330 tonnes, alors que le 3e subit une pression moyenne de 380 tonnes. Une déduction qui s'impose de ces données, c'est que le moulin de repression doit être comme le dernier moulin ci-dessus, c'est-à-dire nettement plus fort et donnant une pression plus grande que le moulin qui a broyé la canne et servi à faire la bagasse pour la diffusion. L'emploi d'un moulin puissant permettra dès lors de diminuer les pertes dans une proportion considérable.

En effet, supposons une bagasse quelconque à la diffusion : un travail de diffusion correct donnant des petites eaux de repression à 2 °/₀ de sucre, c'est-à-dire mauvais, et comparons les pertes obtenues avec un moulin donnant de la bagasse à 42 °/₀.

Lorsqu'on a de petites eaux à 2 °/₀ de sucre, le sucre dans la bagasse allant aux fours est généralement aussi de 2 °/₀ ; or, une bagasse à 60 °/₀ d'humidité représente 30 °/₀ du poids de la canne ; celle à 42 °/₀ représente 26 °/₀ du poids de la canne, c'est-à-dire que les pertes seront :

Dans le premier cas de . . . . . 0,30 × 2 = 0,60
Dans le deuxième cas de . . . . . 0,20 × 2 = 0,40

Avec un mauvais moulin de repression, la perte sera considérée comme trop élevée, avec le moulin puissant elle sera considérée comme correcte et pourtant elle provient du même travail.

En faisant le même calcul pour un travail parfait donnant des petites eaux à 1 °/₀, on voit que l'on aura des pertes égales à 0,30 et 0,20.

Il s'ensuit que seul le moulin de repression puissant, à condition que l'on rentre les petites eaux, aura plus fait pour amener au résultat que tous les soins donnés aux moulins et à la batterie. C'est pourquoi ne pas tenir compte du moulin de repression quand on s'occupe de diffusion de bagasse, c'est vouloir courir à un échec.

Digitized by Google

Bref, pour faire de la diffusion de bagasse, il faut avant tout un bon moulin de repression; ceci acquis, on s'efforcera de faire en plus une bagasse à 65 °/₀ d'eau, sans poussière, permettant d'aller très vite et d'obtenir des puretés très élevées.

M. Naudet tire de son étude les conclusions suivantes :

1° Que la perte à la diffusion de 0,20 à 0,40 est absolument exacte, tandis que celle de 0.90 à 0,75 pour les moulins à 12 ou 15 cylindres est exacte seulement lorsque le moulin travaille au maximum. (Il faut noter, en effet, que toutes les fautes, bourrages, arrêts pour quelque cause que ce soit, laissent passer une quantité de bagasse plus ou moins grande à 7-8 ou 10 °/₀ de sucre dont on ne tient pas compte). L'imbibition est à l'avantage de la diffusion ou tout au plus égale.

2° Que la diffusion, supprimant les défécateurs et les éliminateurs, les boues de filtres-presses et la perte en sucre qu'ils produisent, donne des jus clairs, limpides, filtrables sur coton, ainsi que des sirops également filtrables ; que de ce fait on peut facilement faire du sucre blanc directement, alors qu'avec les moulins à 12 ou 15 cylindres les vesous sortant des derniers moulins sont si boueux, si impurs, qu'on a dû chercher à les travailler séparément de ceux du premier moulin.

EXAMEN COMPARATIF DU TRAVAIL DES MOULINS ET DE CELUI DE LA DIFFUSION

Les moulins les plus puissants et les plus perfectionnés n'arrivent pas à extraire plus de 90 à 96 °/₀ du sucre de la canne, les 6 à 4 °/₀ restants étant brûlés avec la bagasse dans les fours ; mais, en même temps, la pression énergique fait passer dans le jus une importante proportion d'impuretés. Pour remédier à ces inconvénients, on avait essayé il y a quelques années de remplacer les moulins par la diffusion ; mais cette méthode de travail n'a pas donné de résultats satisfaisants, et la plupart des usines qui l'avaient adoptée en sont revenus aux moulins.

Dans la diffusion de la canne, c'est le sucre réducteur qui diffuse le plus rapidement ; vient ensuite la saccharose, une certaine proportion de matières minérales, de l'albumine, des matières colorantes, de la pectine, etc., provenant des cellules qui ont été déchirées dans le découpage.

Digitized by Google

. Des expériences de diffusion faites à Java avec une batterie de 16 difluseurs de 35 hl., contenant chacun 1.735 kg. de cossettes et avec un soutirage de 17 hl., on a eu 0,97 de pertes de sucre de la canne et 0,23 de pertes inconnues ; mais l'existence de ces pertes n'est rien moins que démontrée, car on peut très bien les attribuer aux erreurs commises dans le pesage des cannes, le mesurage des jus, le prélèvement et l'analyse des échantillons. M. H. Pellet [1] a démontré, en effet, que les erreurs d'analyse suffisent pour expliquer une différence de 0,3 dans la pulpe résiduelle. On peut donc s'en tenir à la perte de 0,97 ci-dessus, soit 6,4 °/₀ de saccharose dans la canne, ce qui donne une extraction de 93,6 °/₀.

Prinsen Geerligs cite le cas de deux usines de Java qui ont obtenu les résultats suivants dans le cours d'une campagne :

Districts	Saccharose dans la canne	Saccharose extraite dans le jus °/₀ de canne	Saccharose extraite °/₀ de saccharose de la canne	Perte de sucre		Dilution °/₀ de jus
				°/₀ de bagasse	°/₀ de saccharose de la canne	
Distr. de Wonopringgo 1899	14,95	14,21	95,00	0,74	5,00	28,6
» 1900	14,08	13,35	94,82	0,73	5,18	30,3
Distr. de Klaling	11,97	11,34	94,74	0,63	4,26	25,9

On voit que l'extraction a été de 95 °/₀ avec une dilution de plus de 25 °/₀, soit seulement 2 °/₀ de plus que par triple broyage avec les moulins et 14 °/₀ de dilution.

L'auteur conclut de ces chiffres que la comparaison entre la diffusion et les moulins oblige à donner la préférence à ces derniers, eu égard aux nombreux perfectionnements dont ils ont été l'objet dans ces dernières années. L'extraction par les moulins n'est pas aussi inférieure à la diffusion qu'on se plaît à le croire. En outre, grâce aux perfectionnements que nous venons de mentionner, les bris et ruptures d'organes des moulins sont beaucoup moins fréquents qu'autrefois et les réparations faites plus aisément. Enfin, l'introduction des défibreurs et des coupe-cannes a contribué énormément à la régularisation du travail des moulins.

Un des grands avantages des moulins, c'est qu'ils laissent une marge beaucoup plus grande pour les modifications que la diffusion.

[1] Sucrerie belge, 15 mai 1905.

Digitized by Google

Ainsi, quand il s'agit de mettre rapidement en œuvre et presque d'un seul coup des cannes qui ont été incendiées, on arrive facilement à en écraser 600 t. par jour avec une installation prévue pour un travail de 450 t., par exemple, pourvu que les autres appareils soient assez puissants pour absorber les jus au fur et à mesure de l'extraction.

Il est clair que dans ces conditions l'extraction sera loin d'être parfaite. En admettant même la possibilité d'une telle augmentation de travail pour les diffuseurs, on peut affirmer que le coupe-cannes tout au moins resterait en défaut et qu'il ne pourrait en aucun cas débiter assez de cannes pour alimenter convenablement les diffuseurs. Il n'est que juste de faire remarquer qu'un des grands avantages de la diffusion est d'extraire le jus de la canne à un état beaucoup plus pur que les jus obtenus par les moulins, les impuretés étant retenues en majeure partie dans la bagasse. En outre, la diffusion est moins sujette aux dérangements et aux arrêts, car si un vase de la batterie reste en défaut, il suffit de le mettre hors circuit et de continuer le travail avec les autres.

Il n'est pas niable cependant que la diffusion présente par elle-même de grands inconvénients : un des principaux est d'exiger des ouvriers intelligents et bien stylés. En outre, les jus de diffusion sont très dilués (de plus de 20 %) et, pour être vaporisée de nouveau, l'eau de dilution entraîne la consommation d'une grande quantité de vapeur. Il est vrai que beaucoup de sucreries travaillant avec des moulins font également une imbibition d'environ 20 %, mais seulement dans la mise en œuvre des cannes à grande richesse saccharine, qui compensent largement cet inconvénient, tandis que dans la diffusion il est impossible de diminuer la dilution, que la canne soit riche ou pauvre en sucre.

Le coupe-cannes, auxiliaire inévitable de la diffusion, présente aussi ses inconvénients. Il consomme beaucoup de vapeur et, comme il exécute un travail très dur, il exige de fréquentes réparations.

Les cossettes épuisées contiennent tellement d'eau qu'il est nécessaire de les faire passer au moulin avant de les sécher au soleil ou autrement pour les brûler sans les chaudières. Or, la nécessité d'installer un moulin en même temps que la diffusion est une complication en même temps qu'une source de dépense de vapeur. Enfin, la bagasse de diffusion se trouve à un état de fine division, contient une grande

Digitized by Google

proportion de bagasse folle et, par suite, elle a moins de valeur comme combustible.

Enfin, la diffusion est coûteuse parce qu'elle entraîne à une dépense de combustible en dehors de la bagasse.

Les chiffres fournis par l'usine de Makaveli [1] où l'on a appliqué la diffusion jusqu'en 1905 et qui, depuis, possède un moulin de 12 cylindres de 34 × 78, nous prouvent que dans la pratique l'avantage revient à l'écrasement.

Ainsi, quand on travaillait par diffusion à Makaveli, on brûlait par tonne de sucre fabriquée 3 t. 87 de combustible supplémentaire, ce qui, pour une journée où l'on travaillait 655 t. 85 de cannes avec une production de 861 t. de sucre, faisait une somme de 553 fr. 60. Aujourd'hui qu'on écrase 703 t. 32 de cannes et qu'on expédie 96 t. 26 de sucre, on économise la somme afférente au chauffage et le prix de revient du sucre se trouve diminué non seulement de cette dépense, mais encore des frais de fabrication afférents aux 9 t. 56 fabriquées en plus par jour de travail. Voici les chiffres comparatifs :

	Diffusion	12 cylindres
Sucre dans la canne	15,21	15,57
Brix du jus de la canne	20,68	21,35
Polarisation	17,70	18,59
Pureté	85,61	87,37
Dilution	20,52	22,03
Extraction	96,88	95,43
Tonnes de cannes par jour	655,85	703,32
Tonnes de cannes par tonne de sucre	7,56	7,31
Polarisation	97,56	96,91

*
* *

MM. Baldwin et Williams donnent des renseignements comparatifs de deux sucreries qui ont travaillé avec les moulins et l'imbibition, et dans deux autres sucreries avec la diffusion, pendant la campagne 1890-1891 aux îles Hawaï.

		Moulins		Diffusion	
		Hamakuspoko	Sprecksville	Krealia et Kauai	Hamakuapoko
Jus total de la canne		89,8	86	89	88,7
» extrait		74,3	72,5	»	»
» dans la bagasse		15,3	13,5	»	»
Jus normal	Brix	18,5	19,6	19,12	20,33
	Sucre	15,70	18	17,01	17,92
	Quotient	85,1	91,7	88,94	88,46

(1) De Villèle. — *Loc. cit.*

Digitized by Google

	Moulins		Diffusion	
	Hamakuapoko	Sprecklsville	Krealia-et Kauai	Hamakuapoko
Jus dilué. Brix	17,7	17,04	14,55	16,45
Jus dilué. Sucre	15	»	12,76	14,39
Jus dilué. Quotient	84,7	»	87,70	87,50
Eau ajoutée (% du jus normal)	4,2	11,2	31,4	23,6
Perte dans les cossettes :				
% du poids de la canne	»	»	0,60	0,74
» du sucre	»	»	»	4,70
Sucre dans la canne	14,1	15,5	15,14	15,70
» extrait	9,54	11,38	13,03	13,16
Perte	4,56	4,12	2,11	2,54
» % du sucre total	32,35	26,59	13,93	16,13
» à l'extraction	17,23 } 32,35	15,69 } 26,59	3,96 } 13,63	4,70 } 16,13
» dans le travail consécutif	15,12	10,90	9,67	11,43

Le combustible usé a été de 1 t. de charbon pour 6 t. de sucre brut extrait par les moulins, ou pour 3 t. de sucre extrait par la diffusion.

Nous donnons les résultats obtenus à la fabrique « Mon Rocher » (île Maurice), avec la diffusion comparée au travail du moulin, du 9 septembre au 28 octobre 1892 selon les livres du laboratoire de M. Marquand [1].

Diffusion

Quantité de cannes diffusées du 9 au 20	352 tonnes
Moyenne du jus de cannes. Brix	17,14
» » Baumé	9,70
» » % de sucre	13,47
» » % de glucose	2,14
» » Coefficient de pureté	78,60
» » % Sucre dans la canne	12,10
Jus de diffusion. Brix	10,74
» Baumé	6,10
» % de sucre	8,20
» % de glucose	1,29
» Coefficient de pureté	76,40

Les cossettes épuisées furent passées par 2 moulins pour être pressées ; la moyenne de l'eau qui sortait de ces moulins avait 0,38 Brix (2° Baumé). Sucre cristallisable 0,204 %, soit 0,200 % de cannes. Comme la canne contenait 12,10 de sucre, qu'il a été perdu par la diffusion 0,200, il a été extrait 11,9, soit 98,4 du sucre.

La bagasse du 2e moulin contenait en moyenne 69 % d'eau.

[1] *Rev. de agric.*

Digitized by Google

Moulins

Quantités de cannes moulues du 23 sept. au 28 oct. . . .	2.648 tonnes
Moyenne du jus. Brix	17,30
» Baumé	9,80
» °/₀ de sucre	15,38
» °/₀ de glucose	0,84
» Coefficient de pureté.	88,90
» Sucre dans la canne	13,50

La bagasse contenait 10 °/₀ de cristallisable et 53,9 °/₀ d'eau (équivalent à 65,1 °/₀ de jus).

En calculant que 100 de cannes donnent 34,5 de bagasse, il a été perdu 3,4 °/₀ de sucre cristallisable °/₀ de cannes, par conséquent 100 de cannes donnèrent 65,8 de jus. (On extrait 74 °/₀ du sucre contenu dans la canne).

PERTES EN SUCRE A L'EXTRACTION (1)

Les pertes de sucre à l'extraction varient considérablement suivant le procédé employé. Admettons une canne d'une richesse moyenne de 13 °/₀ de sucre. 1° Avec l'extraction simple (40 à 55 l. °/₀ de cannes) on perdait près de 4 °/₀ et on obtenait 6 à 7 °/₀ de sucre blanc pour 100 de cannes. 2° Par la double pression sèche on obtient une perte en sucre très variable suivant le travail exigé des moulins ; mais on perd généralement encore 3 °/₀ de sucre en extrayant 58 à 62 l. de jus °/₀ kg. de cannes. Le rendement est plus élevé que pour la pression simple, mais l'augmentation n'est pas proportionnelle au travail fourni par les moulins, le jus extrait étant moins pur. 3° Par la double pression avec imbibition, on peut avoir 2,50 à 2,60 de perte à l'extraction. Par la double pression avec imbibition et défibreur, on peut descendre à 2 °/₀ de pertes. 4° Puis successivement par 3 pressions sans défibreur et imbibition, on réduit les pertes à 1,20-1,50 de sucre °/₀ kg. de cannes. 5° Avec la triple pression après défibreur et imbibition on descend la perte à 0,9-1,50 en moyenne à 1,20 °/₀ de cannes.

6° La diffusion de la bagasse permet de réduire la perte à 0,30-0,70 °/₀ suivant qu'on emploie la double pression avec ou sans défibreur.

7° Enfin, par diffusion directe de la canne, on a une perte variable de 0,30 à 0,70 suivant le travail.

(1) H. Pellet. — *Bull. Ass.*, juin 1907.

Digitized by Google

CHAPITRE VI

—

ÉPURATION DU JUS

OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES

Le jus de cannes ou vesou, tel qu'il s'écoule des moulins, est un liquide opaque, écumeux, dont la couleur varie du gris au vert foncé suivant celle de la canne dont il provient. Il tient en dissolution tous les constituants solubles de la canne : saccharose, sucre réducteur, sels, acides organiques, pectine ; en outre, il tient en suspension de la bagasse, de la cire, du sable, des matières terreuses véhiculées par la canne, et enfin des matières albuminoïdes en quantité d'autant plus grande que les cannes sont plus éloignées de la maturité parfaite ou que les bouts blancs n'ont pas été soigneusement retranchés.

Le jus nouvellement extrait a une réaction acide ; la présence de la pectine et des albuminoïdes lui donne une consistance visqueuse qui s'oppose à sa filtration à froid. C'est pourquoi on se contente de le tamiser en cet état pour en éliminer la bagasse folle.

En principe, le jus extrait par diffusion est exempt d'albumine et de matières pectiques, parce que les cellules de la canne restent intactes ; cependant, comme le coupe-cannes détruit un certain nombre de cellules, le contenu de celles-ci se mélange avec le jus, de sorte qu'en réalité on trouve également dans celui-ci une petite quantité de pectine, de matière colorante et d'albumine. En outre, la diffusion chaude a pour effet de dissoudre une partie des matières gommeuses de la fibre, surtout si, comme dans le procédé Naudet, la bagasse est arrosée de jus chaud et chaulé. Le jus ainsi obtenu est plus facile à mesurer par suite de l'absence de mousse.

Mesurage ou pesée du jus. — Le jus venant des moulins est filtré sur une toile métallique en cuivre, mesuré dans des bacs mesureurs

Digitized by Google

et ensuite soumis à l'épuration par un des nombreux procédés que nous décrirons plus loin.

Dans la plupart des usines hawaïennes les jus sont pesés. Cet usage, qui remonte à 1903, a été adopté dans le but de faciliter le contrôle de l'extraction aux moulins. On se sert de différents appareils pour cette opération. C'est la balance Howe qui est la plus employée. Elle comporte deux vases reposant sur des leviers et des couteaux munis d'enregistreur automatique : ces vases servent alternativement, de sorte que pendant que l'un se remplit l'autre se vide. Les tickets donnant le poids des jus sont remis au chimiste de l'usine par l'ouvrier chargé de ce travail.

On emploie aussi les bascules Fairbanks. Elles présentent ceci de particulier qu'elles sont plus petites et qu'il faut lire les poids sur le fléau au lieu de les avoir imprimés, ce qui peut être une cause d'erreurs.

Les Honolulu Iron Works construisent une balance automatique à prise d'échantillons et à enregistrement du poids du jus. C'est là un excellent appareil qui atteint bien son but, mais qui est peut-être un peu délicat pour des ouvriers tels que ceux qu'on emploie.

Comme le fait remarquer M. de Villèle, il vaut mieux peser le jus que de le mesurer, car, indépendamment des mousses qui couvrent le liquide et qui seraient gênantes pour le mesurage, il faut tenir compte des différences de volume constatées dans un vase d'une certaine grandeur, et qui peuvent accentuer les erreurs. En outre, du moment qu'on part du poids de cannes pour arriver à celui du sucre en tenant compte du poids de la bagasse, de celui des écumes et de la mélasse, il est préférable d'avoir le poids du jus dilué que son volume. Le pesage, d'ailleurs, facilite les calculs de l'extraction : en ayant le poids du jus, le poids des cannes, les degrés Brix du jus normal et du jus dilué, on n'a besoin que d'une simple opération pour obtenir le poids du jus obtenu % de cannes, tandis qu'il faut cinq ou six calculs pour obtenir ce renseignement avec le mesurage des jus.

La balance à jus placée à côté des moulins permet de vérifier l'écrasement sans recourir à la pesée de la bagasse. Cette opération est recommandée pour le contrôle de la fabrication, et le chiffre de l'extraction centésimale du jus de la canne est pour ainsi dire une des premières données dans ce travail. Lorsque les usines reçoivent

Digitized by Google

par chemin de fer des cannes de différents planteurs, qui ont été pesées aux gares où se font les achats, il peut arriver que l'extraction des jus ne corresponde pas aux poids de cannes annoncés : l'emploi de la balance à jus permettra dans ce cas de voir s'il y a erreur, et de se rendre compte dans quelle mesure le séjour des cannes sur les wagons ou ailleurs a diminué la proportion du jus. C'est donc un moyen de contrôle et de vérification qu'il est utile de posséder.

PROCÉDÉS EMPLOYÉS POUR L'ÉPURATION DU JUS

Un procédé universellement employé pour épurer les jus de cannes consiste à les déféquer par la chaux dans les bacs mesureurs, et à les envoyer ensuite dans un réchauffeur à la sortie duquel ils vont aux défécateurs.

On combine souvent la défécation avec d'autres procédés d'épuration. Nous allons donc indiquer brièvement les méthodes employées ; nous examinerons ensuite leur application pratique et leur valeur au point de vue de l'épuration.

a) *Epuration à la chaux seule.* — L'addition de chaux a pour but de neutraliser les acides organiques et de précipiter les impuretés du jus. Par le chauffage subséquent on coagule l'albumine du jus, on précipite les sulfates, les phosphates, les bases fer et alumine à l'état de sels de chaux insolubles. La séparation de ces impuretés sous forme d'un précipité floconneux entraîne mécaniquement de la graisse, de la cire, des débris de bagasse, de la terre contenue dans le jus.

Les matières séparées par la chaux se rassemblent en deux parties : l'une, contenant la majeure partie des corps légers, de la cire, des fibres, etc., monte à la surface et forme le *chapeau* ; l'autre, contenant les parties plus lourdes, forme un dépôt sur le fond de la chaudière.

Il faut éviter tout excès de chaux pour la clarification. Toute la chaux employée en surplus de la quantité requise pour la neutralisation des acides et la précipitation des impuretés exerce une action destructive sur les autres constituants du jus. Les sucres réducteurs tout particulièrement sont attaqués et transformés en sels de chaux solubles, comme le glucate de chaux dont la coloration foncée dégrade le sirop et les produits ultimes de la fabrication. Les sels de chaux, en outre, augmentent la viscosité du jus. On élimine la chaux de ces

Digitized by Google

sels par l'acide phosphorique, mais on n'arrive pas à reconstituer la glucose : l'acide glucique mis en liberté reste en solution et conserve sa couleur noire et ses propriétés nuisibles. En troisième lieu, un excès de chaux agit sur les amides, transforme l'asparagine en acide aspartique et ammoniaque dont la présence se révèle par l'odeur caractéristique qui se dégage des clarificateurs. Enfin, l'excès de chaux peut agir aussi sur les matières albuminoïdes précipitées.

Le glucate de chaux exerce une action analogue à celle de la chaux libre. Il convient de noter encore les transformations moléculaires des sucres réducteurs par l'action de la chaux (mannose, glutose signalées par Pellet).

Les résultats des expériences effectuées à Audubon Park en 1908 ont montré nettement l'influence nuisible d'un excès de chaux à la défécation.

b) *Chaux et acide phosphorique.* — Ce procédé consiste à neutraliser presque complètement l'excès de chaux, après chaulage et défécation, par une addition d'acide phosphorique. Par ce moyen on supprime en partie les inconvénients résultant d'un excès de chaux, mais le procédé est dispendieux.

c) *Chaux et acide sulfureux.* — Ce procédé est un des plus employés en Louisiane. On sulfite généralement jusqu'à une acidité de 3-5 cm³ d'acide décinormal pour 10 cm³ de jus, puis on neutralise par une addition de chaux et on procède à la défécation. Il est bon de sulfiter énergiquement. L'acide sulfureux a tout d'abord pour effet de coaguler les matières albuminoïdes qui, en se précipitant, entraînent mécaniquement d'autres impuretés, des particules de fibre, etc.

d) *Acide sulfureux, chaux et acide phosphorique.* — Cette méthode consiste à chauler le jus sulfité en laissant une certaine alcalinité qu'on neutralise ensuite par l'acide phosphorique. La méthode est excellente, mais délicate à employer. Si l'on ajoute de l'acide phosphorique en excès, le sulfite de chaux est décomposé au chauffage et l'acide sulfureux mis en liberté provoque l'inversion de la saccharose.

e) *Acide phosphorique et chaux.* — Nouveau procédé de M. Manoury, consistant à ajouter aux jus verts de l'acide phosphorique, à neutraliser ensuite cet acide et les acides du jus par la chaux jusqu'à légère alcalinité, à chauffer à 95-100° et envoyer le tout aux filtres-presses.

Digitized by Google

f) *Carbonatation.* — La carbonatation des jus usitée dans la fabrication du sucre de betterave est également pratiquée dans certaines sucreries de cannes, où elle donne d'ailleurs de bons résultats.

g) *Surchauffage des jus, procédé Deming.* — Le surchauffage des jus est surtout pratiqué aux îles Hawaï. Ce procédé ne présente pas d'avantages marqués sur les autres méthodes d'épuration, sauf pour les jus impurs, gommeux ou alcalins. Mais dans ce dernier cas intervient l'action nuisible d'un excès de chaux. Ce procédé, en outre, expose le jus au danger de caramélisation du sucre.

Certains des procédés ci-dessus ont été l'objet d'expériences faites par Brown et Blouin [1]; c'est la sulfitation qui a donné les meilleurs résultats au double point de vue économique et industriel pour les jus à forte teneur en sucres réducteurs.

PRATIQUE DE LA DÉFÉCATION

La défécation peut être conduite de deux manières ; d'après la première méthode on chaule le jus et on le laisse déposer dans la chaudière même où il a été réchauffé, tandis que d'après la seconde le jus chaulé et ensuite réchauffé est écoulé dans des bacs de dépôt. Dans la première méthode, le jus venant des moulins est tamisé sur une toile métallique, mesuré, chaulé dans le bac mesureur, puis il est réchauffé à une température d'environ 80° dans un réchauffeur, et dirigé ensuite dans les défécateurs où il est chauffé jusqu'à l'ébullition.

Chaudières à déféquer. — Ces chaudières se composent (fig. 366) d'une calandre en cuivre A, assemblée avec un fond B généralement en fonte, à l'intérieur duquel se trouve un faux fond en cuivre par lequel se fait le chauffage du liquide ; la chaudière est alimentée de vesou par une tuyauterie D supportée par une colonne d'alimentation E, qui porte un robinet F pour l'alimentation du vesou. La chaudière étant remplie, on ouvre le robinet F d'arrivée de vapeur dans le double fond.

La vapeur est amenée par une conduite générale reliée par le tuyau H au robinet S ; de là elle passe par un tuyau F dans le double fond de la chaudière. La vapeur condensée sort par le tuyau V, passe par une soupape de retour d'eau L, pour s'échapper par une tuyau-

(1) Brown et Blouin. — Louisiana Bulletin. *Bullet. ass.*, tome XXV, p. 622.

Digitized by Google

terie M qui conduit les eaux de condensation dans un récipient destiné à l'alimentation des générateurs.

Lorsque le jus contenu dans la chaudière a atteint la température de 70° environ, on ajoute la chaux, soit à l'état de lait de chaux, soit à l'état de chaux vive. La quantité de chaux varie suivant la qualité de la canne, sa maturité, etc. ; on doit chercher à obtenir une alcalinité très faible, de 0 gr. 05 à 0,10 par l., suivant les opérations

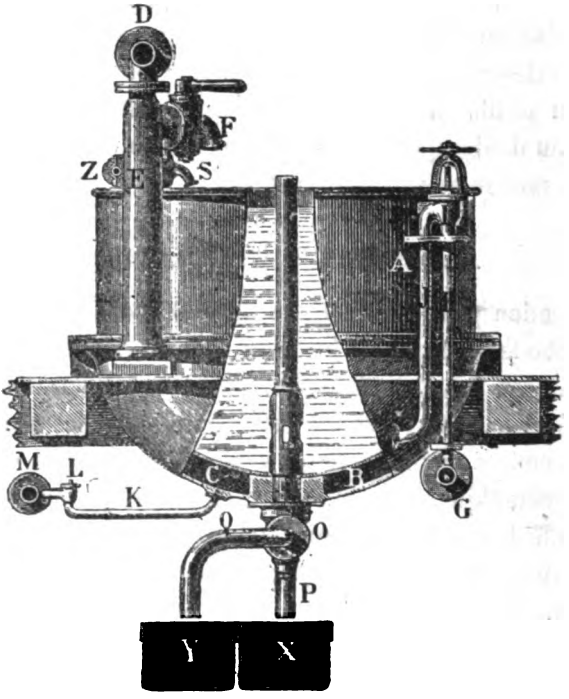


Fig. 366. — Chaudière à déféquer, à double fond construction Cail.

subséquentes que l'on fera subir au jus. La quantité de lait de chaux généralement ajoutée est de 25 à 30 l. par 100 hl. de jus. Soit 55 à 65 gr. de CaO par hl. On agite vivement et on continue à chauffer ; il se forme des écumes qui viennent recouvrir la surface du jus.

La masse liquide contenue dans la chaudière est ensuite chauffée jusqu'à 90-92°. Lorsque l'on a atteint cette température, on arrête l'opération en fermant le robinet d'arrivée de vapeur. Pendant l'opération il se produit deux couches d'écumes : l'une supérieure forme le chapeau, l'autre se compose d'écumes lourdes qui descendent au fond de la chaudière ; leur volume ne dépasse généralement pas les

Digitized by Google

lumières réservées dans le tuyau N, et n'obstruent pas le robinet de vidange à plusieurs directions O, placé au fond de la chaudière.

Si l'opération a été bien conduite, le liquide compris entre les deux couches d'écumes est clair. On ouvre le robinet O ; le jus qui est généralement trouble au commencement est coulé dans la gouttière Y ; lorsqu'il est devenu clair, on le fait couler dans la gouttière X, d'où il est envoyé soit à la filtration, soit au bac d'attente du triple effet. Lorsqu'il recommence à couler trouble, on dirige le mélange dans la gouttière S, destinée à conduire les écumes aux filtres-presses. On retire alors le tuyau à lumières pour vider le reste des écumes ; lorsque la chaudière est vide, on la nettoie en faisant arriver de l'eau par la tuyauterie R et le robinet S. L'eau qui a servi au nettoyage est évacuée hors de l'usine par la gouttière S ou par une gouttière spéciale. Une bonne défécation se reconnaît à la teinte ambrée du jus et à la rapidité de la décantation. Une teinte vert clair indique un manque de chaux, une coloration jaune foncée, un excès d'alcali.

On trouve aussi dans un grand nombre d'usines des chaudières d'un autre modèle, mais elles sont moins répandues que la précédente.

La défécation étant la base de tout le travail ultérieur de l'usine, on ne saurait y apporter trop de soins.

La défécation est l'opération qui a pour but de séparer dans le vesou, au moyen de la chaleur et d'agents chimiques, toutes les substances étrangères qu'il contient en dehors du sucre, puis de les enlever soit par décantation, soit par filtration, soit par écumage.

Nous avons vu que le vesou contient, outre le sucre, de la glucose, des matières albuminoïdes, des matières gommeuses, des principes muqueux et des corps pectiques. Nous allons étudier l'action de la chaleur et des agents chimiques sur ces corps.

La plupart de ces corps jouissent de la propriété de se combiner à la chaux et constituent des acides faibles dont la solubilité dépend en grande partie de celle des bases auxquels ils sont liés.

L'*albumine* sous l'action de la chaleur se coagule vers 75° ; en solution très étendue, elle ne se coagule qu'incomplètement.

Les *principes muqueux* ont la propriété de se transformer en glucose sous l'influence des acides faibles bouillants.

La *pectose* est une matière neutre non azotée qui par l'ébullition en présence des acides faibles se change en *pectine*.

La *pectine* au contact des alcalis étendus à froid se change en un

Digitized by Google

acide gélatineux (*acide pectosique*), lequel sous l'influence un peu plus énergique des mêmes alcalis devient de l'*acide pectique*; les mêmes changements se produisent sous l'influence de la *pectose*, ferment pectique, qui transforme la pectine en acide pectique, puis en acide pectosique. Chauffée à 100° C., la pectine se transforme en acide métapectique.

Les alcalis étendus dissolvent l'acide pectique sans altération, mais les alcalis concentrés le modifient de telle sorte que les acides ne le précipitent plus et forment de l'acide *métapectique*.

La chaux agit sur ces différents corps en formant :

1° Avec la pectine et l'acide pectique un *pectate de chaux* insoluble.

2° Un pectosate de chaux qui se forme plus facilement à froid qu'à chaud.

3° Un métapectate de chaux que l'on doit éviter de former, car, étant soluble, il nuira à la cuisson et à la cristallisation.

La glucose en présence de la chaux forme du glucosate de chaux, qui colore les jus en brun.

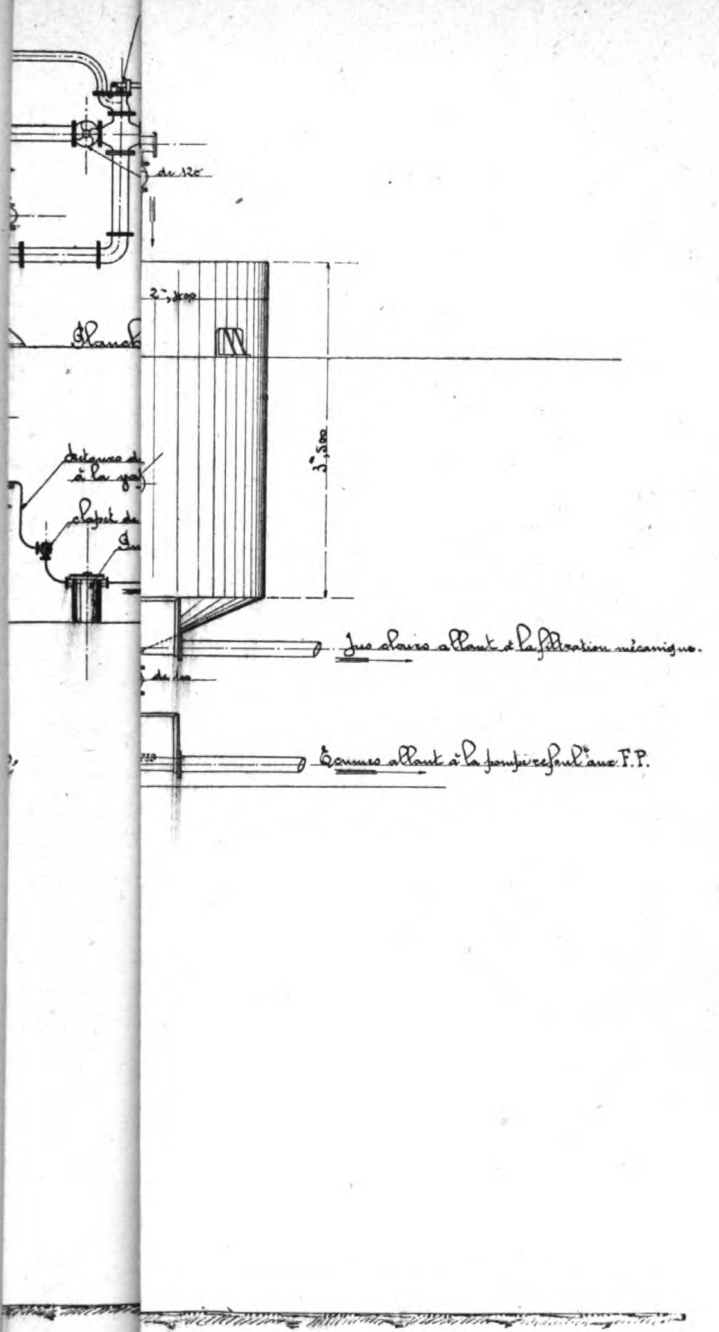
D'après ce que nous venons de dire, on voit que l'on doit éviter de former de l'acide métapectique, et transformer la pectine en pectate de chaux insoluble, mais qu'un excès de chaux serait nuisible en décomposant l'acide pectique en acide métapectique.

« Certains fabricants, dit M. Riffard, ont une tendance prononcée à vouloir maintenir l'alcalinité dans les vesous. Ils la considèrent comme un préventif de l'acidité. C'est une grossière erreur; et certains de nos lecteurs coloniaux se rappelleront l'heureux résultat obtenu par le travail du vesou neutre et plutôt voisin de l'acidité. Il faut ajouter que la conduite du travail réclame une sollicitude générale, ne s'accommodant pas de l'insouciance et de la passivité du personnel ». Contrairement à l'opinion de M. Riffart, nous avons toujours pratiqué le travail alcalin et nous nous en sommes bien trouvés pour la conservation des sucres, notamment à Cuba et Porto-Rico.

DÉFÉCATION CONTINUE

Les chaudières à double fond ou à serpentin, employées jusqu'à ce jour pour la défécation des vesous, ont été remplacées en partie et sont appelées à être remplacées complètement dans un avenir prochain, par la défécation continue, qui offre sur l'ancien procédé des avantages sérieux, tels que : réduction très notable des frais de pre-

Digitized by Google



d'installation (Tome II, page 517).

Digitized by Google

Digitized by Google

mier établissement, économie de main-d'œuvre et de vapeur, emplacement restreint.

Plusieurs installations de ce nouveau procédé ont été faites à Cuba par la Société Française de Constructions mécaniques (anciens établissements Cail) et ont donné partout d'excellents résultats.

Marche de l'opération. Description des appareils. — Les vesous sont chaulés à froid par l'addition de lait de chaux ou de chaux en poudre, dans des bacs cylindriques ouverts en tôle d'acier, munis d'agitateurs assurant un mélange intime et actionnés par des engrenages dont les pignons sont débrayables, de façon à permettre l'arrêt d'un chauleur quelconque sans que l'opération soit interrompue dans les autres. (Voir Planche hors texte).

Ces bacs sont munis d'une soupape de vidange avec mouvement de manœuvre ramené sur le plancher de service.

Les vesous chaulés passent dans un récipient cylindrique qui permet de vider complètement les chauleurs et de passer de l'un à l'autre sans arrêter la pompe.

Ce récipient possède à sa partie inférieure un dispositif muni d'une soupape d'évacuation de vesous et d'une soupape de vidange à l'égoût.

Les vesous chaulés sortant du bac précédent sont aspirés par une pompe et refoulés dans des réchauffeurs dont le nombre de circulations est calculé de façon à donner au vesou une vitesse d'écoulement assez grande pour éviter l'encrassage des tubes et permettre une bonne utilisation de la surface de chauffe.

A leur sortie des réchauffeurs, où ils ont été portés à la température de 80°, les vesous sont envoyés dans des décanteurs où la sépation des impuretés s'opère naturellement.

Ces décanteurs sont de forme cylindrique, ouverts à leur partie supérieure et munis d'un fond incliné.

Les jus clairs sont évacués au moyen d'une série de robinets placés sur les appareils et à des hauteurs différentes, dans une nochère inclinée qui les conduit directement aux filtres mécaniques.

Une nochère semblable à la précédente reçoit les écumes qui sont aspirées par une pompe et refoulées aux filtres-presses.

Un dispositif employé par la Société Française de Constructions mécaniques (anciens établissements Cail) permet, le cas échéant, de réchauffer les écumes dans la nochère même et de supprimer ainsi certains bacs.

Digitized by Google

Difficulté à obtenir le dépôt. — Lorsque le jus est à une densité élevée, et que les impuretés sont en faible quantité, il arrive souvent que les écumes formées restent en suspension ; on les précipite alors en arrosant la surface du jus d'un peu d'eau froide. — Lorsque le dépôt est long à se former dans les clarificateurs, on lui donne plus de consistance en augmentant un peu la quantité de chaux à la défécation et on neutralise cet excès de chaux par la quantité d'acide phosphorique nécessaire. La quantité de chaux dissoute reste alors la même, mais on obtient un précipité floconneux plus lourd de phosphate tribasique qui enveloppe les fines particules d'écume et les entraîne au fond.

DÉFÉCATION SOUS PRESSION, PROCÉDÉ DEMING

Le principe de la défécation sous pression (procédé Deming) est le suivant : Le jus additionné de lait de chaux dans un récipient spécial où il est laissé en repos pendant 20 minutes, puis soutiré dans un réservoir, est envoyé par la pompe dans une chaudière à parois très solides, où il est porté à l'ébullition. Dès que celle-ci a chassé l'air et le gaz du vesou et de l'appareil, on ferme toutes les ouvertures et on chauffe par la vapeur à une pression de 15 livres, de façon à porter la température du jus à 120° environ pendant 1 minute ; dans ces conditions il ne se forme plus de chapeau et le vesou chaud est envoyé dans de grands bacs à décantation où toute l'écume se dépose ; le jus clair qui surnage peut être soutiré facilement, les écumes formées à la température de 120° sont plus denses et se déposent plus rapidement que les écumes de défécation ordinaire.

Le vesou qui vient d'être soumis à la défécation sous pression est dirigé dans des bacs d'environ 75 hl. où s'effectue la séparation des écumes. Après un temps variable de 30 à 45 minutes, le jus clair est soutiré par un tuyau en cuivre relié à un flotteur de même métal dont les bacs sont munis. De là, le jus est envoyé aux filtres mécaniques, où il arrive en charge, tandis que le dépôt boueux est envoyé dans le bac à écumes en même temps que les eaux de lavage de ces décanteurs.

M. Manoury a eu l'occasion, à l'usine de Constancia (Cuba), d'étudier la défécation sous pression dans un appareil de 300 l. construit pour cet essai. En employant la *baryte* au lieu de la chaux, il a constaté une légère augmentation de la pureté en ne dépassant pas

Digitized by Google

une pression de 30 livres, tandis que la défécation ordinaire donne souvent des jus moins purs que le vesou des moulins.

En 1900, à l'usine de Kemanglen (Java), M. Prinsen Geerligs a suivi le travail du premier appareil à défécation installé par M. Deming à Java. Il a constaté qu'avec des jus très denses seulement le dépôt des écumes au fond des décanteurs se fait difficilement si on ne traite pas les jus par le phosphate de chaux. Il n'a pas constaté de destruction de sucre ni d'inversion dans les décanteurs, tandis que le travail des jus a été beaucoup plus facile. La constatation la plus importante de M. Prinsen Geerligs est que la défécation sous pression précipite toutes les gommes des jus, tandis qu'avec la défécation ordinaire faite avec les mêmes jus, les gommes se précipitaient dans les tubes de triple-effet, surtout dans la première caisse, sous la forme d'une boue noirâtre. On ne doit pas oublier que dans presque tous les triples effets la première caisse travaille sous pression, à une température d'environ 105° C.

La défécation sous pression encrasserait moins le triple-effet, et débarrasserait complètement les jus des matières gommeuses. Avec la défécation ordinaire de jus gommeux, non seulement le triple-effet était retardé dans sa marche, mais les masses cuites de bas produits étaient très visqueuses [1].

Enfin, les jus surchauffés n'accusent aucune différence au point de vue chimique par rapport aux jus traités par la méthode ordinaire, ainsi que le montrent les analyses suivantes faites par Prinsen-Geerligs (*op. cit.*), sur des jus provenant de la même canne récoltée sur le même champ.

1° Défécation ordinaire. Chaulage avec 4 à 4,5 litres de lait de chaux à 15° Baumé par 1.000 l. de jus. Composition des produits :

	Prix	Polarisation	Quotient	Glucose	Coefficient glucosique
Jus du 1er moulin . . .	16,93	14,97	88,40	1,15	7,7
Jus du dernier moulin .	10,58	8,86	83,70	0,70	7,9
Jus mélangé	14,47	12,69	87,70	0,98	7,7
Jus clarifié	14,87	13,21	88,90	0,90	7,4
Sirop	50,59	44,90	88,70	2,90	6,5
Masse cuite	91,72	81,22	88,50	5,89	7,2
Mélasses 1er jet. . . .	79,52	49,20	61,86	14,24	—

(1) Cf. L. Giraud. — *Bull. Ass.*, t. XIX, p. 1518.

Digitized by Google

2° Défécation à haute température par le procédé Deming. — Chaulage avec 4,5 litres de lait de chaux à 15° Baumé par 1.000 l. de jus.

	Prix	Polarisation	Quotient	Glucose	Coefficient glucosique
Jus du 1er moulin . . .	17,35	15,27	88,00	1,24	8,0
Jus du dernier moulin .	9,02	7,70	85,30	0,60	7,8
Jus mélangé	14,55	12,55	86,20	1,00	8,0
Jus clarifié	14,72	12,67	86,10	0,94	7,4
Sirop	37,98	33,40	87,90	2,58	7,7
Mélasse cuite	90,30	80,12	88,77	6,05	7,5
Mélasse 1er jet	80,92	50,60	62,54	12,25	—

Traitement du jus clarifié. — Dans beaucoup d'usines, les jus clarifiés sont envoyés directement dans le bac d'attente de l'appareil d'évaporation, dans d'autres ils passent sur des filtres mécaniques, dans d'autres enfin ils sont soumis à une ébullition rapide, ainsi que nous l'avons vu plus haut. Ce dernier traitement est surtout indiqué pour les jus clarifiés d'après l'ancien procédé, qui entraînent souvent une importante proportion d'écumes, par suite de la négligence des ouvriers. Si, après défécation le jus est acide, on le neutralise jusqu'à légère réaction alcaline au tournesol par une solution de carbonate de soude à 20° B. Ce correctif est surtout employé quand on fabrique du sucre roux destiné à la raffinerie. Si le jus est trop alcalin ou neutre et si l'on veut faire du sucre blanc pour la consommation, on le rend très légèrement acide par une solution d'acide phosphorique à 2° Baumé, ou en y injectant de l'acide sulfureux.

Effets produits par la défécation. — Les effets produits par la défécation sur les constituants des jus obtenus à l'aide de trois moulins sont représentés dans le tableau suivant (Prinsen Geerligs) :

Constituants	1er Moulin		2e Moulin		3e Moulin	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Brix	19,2	19,20	19,30	19,70	19,40	19,20
Saccharose	16,49	17,06	16,33	17,06	16,40	16,50
Sucre réducteur . . .	1,98	2,00	1,57	1,58	1,52	1,41
Gommes et pectine . .	0,125	0,071	0,376	0,120	0,840	0,38
Albumine	0,025	»	0,092	»	»	»
Quotient de pureté . .	85,90	87,50	84,40	86,60	84,50	86,00
Coefficient glucosique .	12,10	11,70	9,60	9,20	9,30	8,60

Digitized by Google

Sucre réducteur. — Nous avons vu plus haut que, aux températures élevées, la chaux agit sur les sucres réducteurs et forme avec eux des sels d'acides organiques ; les réducteurs non transformés formant alors un mélange de glucose, de fructose et de mannose optiquement inactives. Par suite, un excès de chaux (en quantité suffisante pour rendre alcalin le jus clarifié) détruira tout d'abord une petite partie de sucres réducteurs d'où résulte une diminution du coefficient glucosique, la destruction de leur rotation à gauche et une augmentation de la rotation à droite attribuée à la saccharose. Ces deux influences ont donc pour effet d'augmenter la pureté apparente du jus.

Matières gommeuses et pectiques. — Les gommes ne sont précipitées dans les liquides légèrement alcalins ni par la chaux, ni par le chauffage, ni par les acides phosphorique et sulfureux. La pectine, au contraire, est précipitée en partie par la défécation ; un jus brut contenant 0,634 °/₀ de gommes et de pectine avant défécation n'en contenait plus que 0,342 après défécation.

Les matières albuminoïdes sont en grande partie éliminées par la défécation, de sorte que le jus clarifié n'en contient plus que 20 °/₀ environ de la quantité initiale.

CARBONATATION

On a souvent essayé de carbonater les jus de cannes comme on carbonate les jus de betteraves ; mais on avait tout d'abord obtenu de mauvais résultats par suite de la présence de la glucose dans les jus ; en outre, il est difficile d'atteindre la faible alcalinité à laquelle il faut arrêter l'opération pour faire un bon travail, et on est dès lors exposé à dépasser le point de carbonatation. Cependant, Prinsen Geerligs et Winter ont réussi à la rendre pratique en sucrerie de cannes, sans que pour cela son emploi s'y soit généralisé.

A Java, la carbonatation simple ou double est employée dans presque toutes les usines. Ce mode de traitement y a été reconnu indispensable tant à cause de la nature des cannes, qui contiennent beaucoup de sels, que parce que dans cette île on fabrique du sucre blanc qui exige une épuration plus soignée des jus que la fabrication des moscovades ou des sucres destinés à la raffinerie. Par suite, on est obligé d'employer un grand excès de chaux pour précipiter complètement l'albumine et les gommes, et pour décomposer les réducteurs.

Digitized by Google

Comme on l'a vu dans la première partie de cet ouvrage, la carbonatation consiste essentiellement à ajouter au jus une forte proportion de chaux destinée à précipiter les matières organiques, et à précipiter ensuite la chaux en excès sous forme de carbonate insoluble par un courant de gaz carbonique. Dans le traitement des jus de cannes, la chaux non seulement précipite les matières organiques, mais elle agit encore sur la glucose qu'elle transforme en acides saccharique, glucique et lactique en proportions variables suivant la température à laquelle s'accomplit la réaction.

Carbonatation simple. — Dans ce procédé, on ajoute aux jus 1 °/₀ de chaux du poids de la canne, puis on y injecte de l'acide carbonique jusqu'à neutralité phénolphtaléique. Pendant ce temps le jus est maintenu à une température ne dépassant pas 55° C.

Lorsque la neutralité est atteinte, on porte le jus à une température de 90°, puis on l'envoie à la filtration. Dans certaines usines on filtre toute la masse, dans d'autres on décante le jus clair pour ne filtrer que les écumes.

Double carbonatation. — Dans ce procédé on chaule le jus comme ci-dessus à une température de 55° C., puis on y envoie un courant d'acide carbonique jusqu'à atteindre une alcalinité de 0,5 °/₀ de chaux ; on filtre ensuite le jus pour en éliminer les écumes, puis on le chauffe jusqu'à l'ébullition, on le fait bouillir pendant quelques minutes pour décomposer les bi-carbonates, et on le filtre de nouveau.

Comme dans la carbonatation simple, la quantité de chaux se règle suivant la facilité de filtration des jus au filtre-presse. La filtration s'effectuant à basse température et le tourteau se forment plus difficilement qu'à une température élevée, il est nécessaire d'employer plus de chaux et plus d'acide carbonique pour avoir une bonne filtration que dans la carbonatation simple. La quantité de chaux employée est généralement de 1,5 °/₀ du poids de la canne, ou d'environ 100 l. de lait de chaux à 15° B. pour 1000 l. de jus. Quand on a des jus anormaux, tels que ceux provenant de cannes couchées, imparfaitement mûries ou récoltées dans des terrains trop riches en humus et contenant tellement de matières albuminoïdes qu'ils exigent plus de 2 °/₀ de chaux, il vaut mieux les mélanger avec d'autres jus que de les travailler seuls.

Il se présente certains cas où il est impossible d'obtenir des jus

Digitized by Google

parfaitement neutres par la saturation par l'acide carbonique, par suite de la présence dans la chaux ou dans le jus d'un alcali qui se carbonate et laisse le jus alcalin après saturation. Pour éviter cet inconvénient, et aussi pour décolorer les jus, on donne parfois une troisième saturation, cette fois par l'acide sulfureux. A cet effet, on pompe le jus carbonaté dans des bacs de dépôt, on le sulfite jusqu'à neutralité phénolphtaléique persistante après ébullition, puis on le passe au filtre-presse. On a soin d'éviter tout excès d'acide sulfureux.

La carbonatation produit les effets suivants sur les constituants du vesou, d'après Prinsen-Geerligs :

A la basse température qui règne dans le jus pendant la carbonatation, la chaux n'exerce aucune action destructive sur le sucre, la durée du chauffage étant d'ailleurs très courte. Mais, il y a une autre source de pertes, savoir, celle qui se produit sous forme de sucrate de chaux dans le tourteau de filtre-presse. Durant la saturation le jus s'épaissit et devient visqueux ; si à ce moment on le filtre et l'analyse, on constate une perte considérable de sucre. Il est évident qu'une partie de la saccharose a été enlevée du liquide sous forme de sucro-carbonate de calcium insoluble. Lorsque le jus est convenablement saturé, cette combinaison est transformée en carbonate de calcium avec mise en liberté de la saccharose, de sorte que le précipité est exempt de saccharose insoluble.

Mais, si l'on arrête la saturation avant son complet achèvement, ou si la chaux employée contient des grumeaux non saturés qui, par leur dissolution graduelle vers la fin de la saturation augmentent la teneur en chaux dissoute, on est exposé à avoir dans les tourteaux de filtre-presse du sucro-carbonate de calcium insoluble, qui ne peut être décomposé ni par la vapeur ni par lavage. Ce sucrate ne peut être décelé par l'analyse usuelle, mais par une addition de nitrate d'ammonium à l'eau dans laquelle on triture le tourteau pour l'analyse. Ce réactif se combine avec la chaux et met la saccharose en liberté.

D'un autre côté, si l'on a soin de maintenir la température au-dessous de 55° C., tant que les jus sont alcalins, le sucre réducteur est transformé par la chaux en acides organiques qui se combinent immédiatement avec elle ; mais, si par accident ou par manque de soins on laisse la température s'élever avant que le jus ne soit amené à la neu-

Digitized by Google

tralité par la saturation, le réducteur est décomposé en acides très instables qui s'accumulent dans la mélasse et y produisent l'inversion d'une importante proportion de sucre.

M. Prinsen Geerligs résume dans le tableau suivant les transformations produites dans le jus de cannes par la carbonatation et constatées par l'analyse :

	Brix	Saccharose	Sucre réducteur	Pureté	Coefficient glucosique	CaO combiné
Jus de cannes	17,7	16,09	0,55	90,9	3,4	»
Jus chaulé à 55° C . .	»	14,47	0,30	»	2,0	»
Jus saturé à 0,04 % CaO.	15,8	14,93	0,29	94,5	2,0	0,036
Carbonatation simple .	16,0	14,93	0,36	93,3	2,4	0,056
Double carbonatation .	15,3	14,50	0,17	94,6	1,2	0,029

Les sels de chaux formés par la décomposition des réducteurs se précipitent, mais ils se redissolvent dans la saturation jusqu'à neutralité. On voit par les chiffres ci-dessus que la double carbonatation non seulement décompose une plus grande quantité de réducteurs, mais qu'elle permet encore d'en éliminer la plus grande partie par la filtration au filtre-presse, tandis que la carbonatation simple laisse les produits de décomposition dans le jus, qui est alors plus coloré et retient plus de sels de chaux que le jus épuré par double carbonatation.

Si l'on complète la carbonatation par la sulfitation, les résultats sont bien meilleurs. Dans certaines usines, on combine parfois les deux procédés, en ce sens qu'on injecte un peu d'acide sulfureux en même temps qu'on sature par l'acide carbonique : ce moyen permet non seulement d'accélérer la marche de l'opération, mais encore d'obtenir des tourteaux plus durs et plus secs dans le filtre-presse, même si l'on diminue un peu la quantité de chaux. On cesse de carbonater et de sulfiter dès que le précipité commence à bien se déposer ; comme à ce moment le jus est encore alcalin, on évite ainsi le danger de transformer le carbonate en bisulfite soluble. Noel Deerr, en examinant les avantages et les inconvénients de la carbonatation en sucrerie de canne, lui trouve un inconvénient en ce sens qu'elle a pour effet de détruire la glucose. Dans les contrées telles que Java et Maurice, où l'on ne fabrique pas de rhum en raison soit du régime fiscal, soit du manque de débouchés pour ce produit, la perte de la

Digitized by Google

glucose n'a aucun inconvénient ; mais dans les districts où le rhum constitue un produit secondaire de grande importance, la destruction de la glucose constitue une perte directe assez sérieuse pour contrebalancer les avantages de la carbonatation. Dans les cas, au contraire, où l'on ne fabrique pas de rhum et où l'on peut se procurer économiquement le combustible et la pierre à chaux, la carbonatation peut présenter de réels avantages, surtout lorsqu'on a à traiter des jus très impurs.

Pour ce qui concerne le four à chaux, le lavage de l'acide carbonique, les chaudières à carbonater, nous prions le lecteur de se reporter au chapitre correspondant de la première partie de cet ouvrage.

Combinaison de la défécation et de la carbonatation. — On peut combiner ces deux procédés en éliminant d'abord du jus par la défécation la majeure partie des matières gommeuses, ajoutant ensuite au jus refroidi de la chaux en excès et saturant par l'acide carbonique. Comme les substances gommeuses, qui passent difficilement à la filtration, sont ainsi éliminées, on peut alors obtenir une bonne filtration avec beaucoup moins de chaux.

Mais l'économie de chaux ainsi réalisée est rendue illusoire par la dépense de combustible qu'entraîne le double chauffage d'abord à la défécation, ensuite à la carbonatation. En outre, l'application de ce procédé est quelque peu délicate, on est très exposé à chauler le jus insuffisamment refroidi après la défécation, ce qui donne lieu à de graves inconvénients.

Emploi simultané de la carbonatation et de la sulfitation. — Certaines usines emploient simultanément l'acide carbonique et l'acide sulfureux pour saturer les jus en première saturation, tandis que d'autres, et elles sont les plus nombreuses, ne font intervenir l'acide sulfureux qu'en deuxième carbonatation pour neutraliser les dernières traces d'alcalinité qui résistent à l'action de l'acide carbonique. Dans le premier cas, il est très important de ne pas saturer jusqu'au point de neutralité et de laisser dans le jus une faible alcalinité.

EMPLOI DE L'ACIDE SULFUREUX

La carbonatation est un procédé coûteux pour les pays producteurs de sucre de cannes ; de plus, il est d'une application quelque peu délicate entre des mains inexpérimentées. Aussi, Prinsen Geerligs est

Digitized by Google

d'avis qu'il vaudrait mieux y renoncer, car on pourrait obtenir les mêmes résultats en chaulant fortement les jus à froid, les saturant ensuite également à froid par l'acide sulfureux jusqu'à neutralité phénol-phtaléique, puis les envoyant dans les clarificateurs après les avoir fait passer dans les réchauffeurs. Il cite à ce sujet une usine de Java [1] qui, avec la défécation habituelle, éprouvait des difficultés de toutes sortes pour la filtration des jus, obtenait des sirops troubles, un mauvais travail au turbinage et des mélasses d'une grande pureté. En chaulant plus énergiquement à froid et saturant l'alcalinité en excès par l'acide sulfureux, cette usine vit disparaître les difficultés comme par enchantement et obtint d'excellents résultats.

Cette amélioration toutefois est due autant à l'emploi d'une quantité convenable de chaux qu'à l'action de l'acide sulfureux ; celui-ci élimine l'excès de chaux comme le ferait tout autre acide, mais il possède surtout la propriété de donner des écumes faciles à filtrer. L'essentiel est de l'employer dans une juste mesure, d'éviter judicieusement tout défaut et tout excès. Si, par une saturation insuffisante, on laisse le jus alcalin, la glucose se décompose pendant l'opération et le jus se trouve être plus coloré que de raison ; si, au contraire, on dépasse le point de neutralité par une saturation trop prolongée, une partie du sel calcaire se transforme en bisulfite. Ce bisulfite se décompose ensuite pendant l'évaporation en sulfite de calcium qui se fixe sur les tubes de chauffage et gêne la transmission de la chaleur, et en acide sulfureux qui passe dans l'eau de condensation (qui est employée pour l'alimentation des chaudières). En outre, l'acide sulfureux en présence d'air humide corrode également les tuyaux de cuivre qui relient les évaporateurs. On évite tous ces inconvénients en arrêtant la sulfitation un peu avant d'avoir atteint le point de neutralité, c'est-a-dire lorsque le jus accuse une légère teinte rouge à la phénolphtaléine.

Le dépôt formé dans les bacs de sulfitation est de 0,3 à 0,45 du poids du jus ; séché à l'air, il a la composition suivante, d'après Brown et Blouin page 527.

On remarquera la quantité considérable de graisse et de cire, qu'il est très facile d'extraire. Si l'on chauffe le précipité avec de l'alcool et si l'on filtre à chaud, la cire cristallise presque immédiatement. En

(1) *Archiev* n° 9, 1905. — *Bull. A.*, t. XXIII, p. 708.

Digitized by Google

Précipité formé à la sulfitation	Campagne 1903	Campagne 1904
Eau	4,07	4,19
Cire et graisses	32,57	19,71
Protéine	23,63	21,75
Cendre et matières terreuses	9,48	20,45
Fibre	8,05	10,37
Gommes, etc	22,20	23,23

répétant plusieurs fois cette opération, on obtient la cire parfaitement pure, fondant à 81° C.

L'acide sulfureux est employé sous deux formes en sucrerie de cannes : à l'état gazeux et à l'état de dissolution dans l'eau.

L'acide sulfureux gazeux est produit soit par les appareils décrits dans le tome I, soit par des appareils construits dans les pays mêmes. mais qui sont généralement très défectueux.

En général, les jus sont sulfités après défécation ou à leur sortie du triple effet. Cependant il est plus avantageux de faire agir l'acide sulfureux sur le jus sortant du moulin (voir plus loin le procédé V. Roussel) ; il a ainsi pour effet d'amener une première coagulation des matières albuminoïdes et, lors de la défécation à la chaux, le coagulum se trouve entraîné avec les matières étrangères qui viennent surnager au-dessus du vesou.

A Maurice on emploie l'acide sulfureux en dissolution dans l'eau avant la défécation à la chaux, dans la proportion de 7 d'eau sulfureuse °/₀ de vesou. Ce procédé a l'inconvénient d'augmenter la quantité d'eau à évaporer au triple-effet, inconvénient que ne présente pas l'emploi de l'acide sulfureux gazeux.

L'*acide sulfureux* ne semble pas modifier la composition du vesou normal, il paraît seulement agir sur le pouvoir réducteur des dérivés de la glucose et sur les matières colorantes, en même temps qu'il coagule les matières albuminoïdes.

Si l'effet de l'acide sulfureux sur le vesou se fait peu remarquer à l'analyse, il n'en est plus de même dans la suite du travail : à la cuite et au turbinage on obtient des masses cuites beaucoup plus sèches, des sucres plus secs et un rendement plus élevé.

Voici les résultats comparatifs obtenus pour un jus de moulin avant et après sulfitation :

Digitized by Google

	Jus normal du moulin	Jus traité par SO^2
Densité	1057	1052
Degré Baumé	7,80	7,30
Matières solides totales	10,35	13,24
Eau	85,92	86,76
Sucre cristallisable	10,35	9,79
Glucose	1,89	1,78
Non sucre	1,84	1,67
Coefficient de pureté	73,51	73,94
Glucose °/₀ sucre	18,26	18,18

SULFITATION DES VESOUS ET DÉFÉCATION SUBSÉQUENTE, PROCÉDÉ VICTOR ROUSSEL

Ce procédé diffère de la méthode usuelle de la sulfitation par ce fait que les vesous sont sulfités à la sortie du moulin et déféqués ensuite. Il est appliqué à la sucrerie « La Corona » à Concepcion-Tucuman (Rép. Argentine). Nous croyons devoir reproduire intégralement la description qu'en a donnée M. Roussel [1].

1° *Tamisage des vesous.* — Les vesous sortant des moulins (1) se réunissent dans une nochère collectrice (2) (fig. 368). Dans leur parcours ils traversent un épulpeur avec entraîneur à palettes, d'une longueur de 3 m., recouvert d'une toile métallique très fine sur laquelle ils abandonnent les débris de bagasse entraînés. Un élévateur (4) reçoit les résidus éliminés et les déverse sur le conducteur qui alimente les moulins répresseurs (5). L'entraîneur et l'élévateur sont mûs par des chaînes actionnées directement par les moulins.

A la sortie de la nochère ci-dessus, les vesous bien épulpés se déversent dans deux bacs d'attente (6), de 40 hl. chacun. Une pompe (7) refoule ces vesous à la sulfitation. On a deux bacs d'attente pour le cas où l'un des tuyaux d'aspiration viendrait à se boucher, de manière à ne pas interrompre le travail des moulins.

2° *Sulfitation.* — On y emploie l'appareil double de sulfitation de Quarez. L'ensemble de l'installation comprend un bac d'attente (8), dans lequel les vesous ont été refoulés et qui est en charge sur le bac à sulfiter (9). Une pompe établit la circulation des vesous entre le bac ci-dessus et les colonnes de sulfitation. Un épulpeur (11) est interposé entre la pompe et le réservoir à pression des colonnes.

Les vesous sont sulfités à froid jusqu'à 0,60 d'acidité par litre, en moyenne. Pour arriver à ce résultat d'une manière pratique, il suffit

[1] Victor Roussel, chimiste à Concepcion-Tucuman (Rép. Arg.). *Bull. Ass.*, sept. 1903, p. 253.

Digitized by Google

de régler la vitesse de la pompe (10) en rapport avec la marche des moulins. Un manomètre fixé sur la cloche à air de la pompe indique

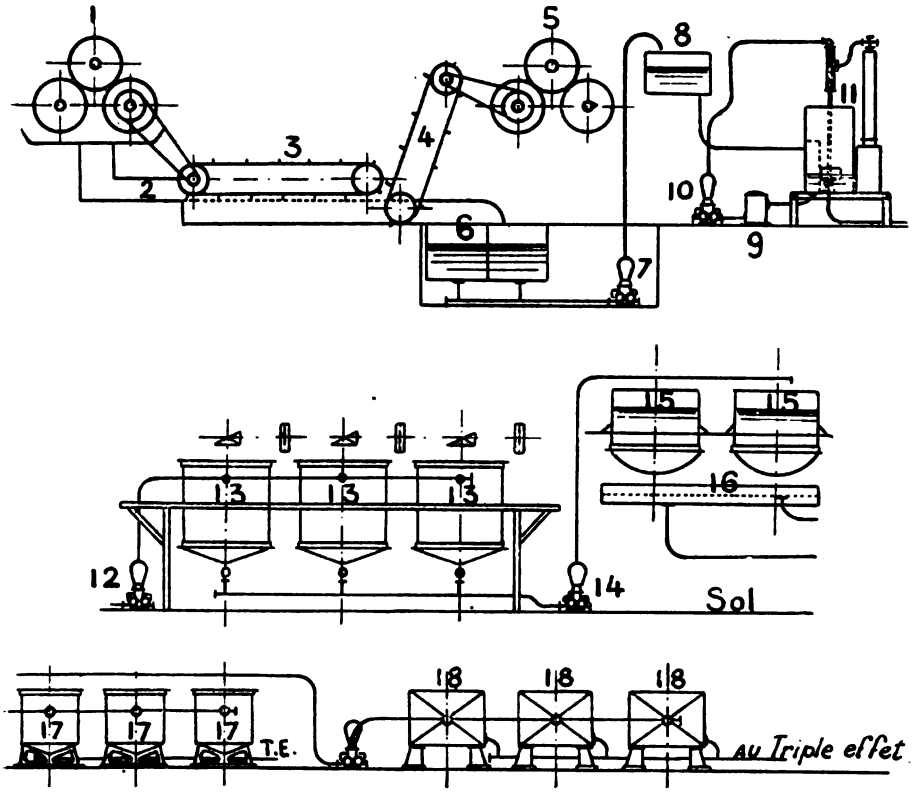


Fig. 368. — Sulfitation et défécation des vesous par le procédé V. Roussel.

LÉGENDE :

1. Moulins à cannes.
2. Nochère recevant les vesous.
3. Tamis pour les pulpes folles récoltées par un entraîneur ramasseur à balais.
4. Élévateur à palettes amenant les pulpes folles récoltées dans l'entraîneur du moulin-represseur.
5. Moulins represseurs.
6. Bacs d'attente des vesous-verts.
7. Pompe refoulant les vesous dans le bac d'attente de la sulfitation.
8. Bac d'attente en charge sur la sulfitation.
9. Epulpeur à panier interposé entre la pompe et les colonnes à sulfiter.
10. Pompe refoulant le vesou dans les colonnes à sulfiter.
11. Appareil simple de sulfitation, système Quarez.
12. Pompe refoulant le vesou sulfité dans les chauleurs mélangeurs.
13. Bacs chauleurs, mélangeurs, jaugeurs.
14. Pompe alimentant les chaudières à déféquer.
15. Chaudières à déféquer.
16. Nochère de vidange divisée en deux compartiments parallèles.
17. Filtres mécaniques pour les jus clairs.
18. Filtres-presses pour les jus troubles.

une pression constante de 25 livres correspondant au travail de 1.300 t. par 24 heures, pour une acidité de 0,60 par litre. Ce point

Digitized by Google

étant bien réglé, il n'y a plus qu'à soigner l'alimentation des fours de manière à éviter l'arrêt dans la production du gaz, ce qui est très facile à réaliser en introduisant régulièrement le soufre par la porte du four en pleine marche.

Avant d'employer l'appareil de Quarez, la sucrerie possédait un four à compression d'air, qui donnait lieu à une déperdition de gaz dans la chambre des moulins. L'émanation du gaz constituait une gêne pour les travailleurs, et était une cause d'irrégularités dans la marche de la sulfitation. Avec le Quarez tous ces inconvénients ont disparu : la surveillance est facile, le contrôle chimique aisé ; on n'a aucun dégagement de SO^2 et on réalise une économie de soufre.

A la Corona, la dépense de soufre est de 260 kg. par 24 heures pour un travail de 1.300 t. Mais il est de toute nécessité d'installer un épulpeur (11) avec panier en cuivre et toile métallique en cuivre entre la pompe qui refoule le vesou dans les injecteurs et le ballon de refoulement, afin d'éviter l'obstructrion des orifices des injecteurs. Quand on s'aperçoit que le four ne tire pas, il est nécessaire d'isoler immédiatement une des deux colonnes, nettoyer l'injecteur en enlevant les brides disposées à cet effet. Cette opération s'effectue en quelques minutes ; mais, lorsque les jus ont été bien tamisés, cet inconvénient se présente très rarement.

Une autre cause d'arrêt est le dépôt de charbon de sucre qui se forme quelquefois entre l'injecteur et la colonne de réfrigération, dans le tuyau à angles du raccordement. Ce charbon provient de gouttelettes de jus qui pénètrent dans cette section très chaude et qui, en se carbonisant, finissent par former un dépôt capable d'obstruer l'aspiration du gaz ; pour prévenir cet inconvénient il suffit de faire un nettoyage tous les cinq ou six jours en démontant les joints, toujours sans arrêt, colonne par colonne. Lorsqu'on doit procéder à ces nettoyages en isolant une des deux colonnes, il suffit, pour ne pas ralentir la marche des moulins, d'accélérer un peu celle de la pompe pendant la durée de ces arrêts.

Remarque. — Quand on sulfite les jus à 1 gr. d'acidité par litre au lieu de 0,60, il se forme dans les vesous sulfités un précipité floconneux qui dépose immédiatement, le jus s'éclaircit et se décolore. Il faudrait pouvoir alors filtrer ces jus avant de les traiter par la chaux ; mais comme cette installation entraînerait une dépense assez forte, on se contente de mettre la chaux dans les jus sulfités, et il arrive qu'une

Digitized by Google

partie des matières précipitées par SO^3 se redissolvent. Quoi qu'il en soit, les jus se défèquent très bien, quoique l'épuration ne soit pas aussi complète. Quand, au lieu des sucres blancs, on veut faire des sucres jaunes pour l'exportation, il suffit de sulfiter neutre ou légèrement acide ; les jus ainsi sulfités se conservent très bien et la polarisation ne varie pas.

3° *Chaulage.* — Les vesous sulfités de la manière que nous venons d'indiquer sont refoulés par la pompe (12) dans trois mélangeurs-chauleurs (13, 13, 13), dont chacun a une contenance de 60 hl. Le mélange est obtenu par un mouvement mécanique au moyen de bras fixés sur un arbre vertical qui actionne en même temps une hélice tournant dans un cylindre tangent et ouvert, de sorte que le liquide exécute un mouvement de rotation continue d'entrée et de sortie du cylindre et dont le courant est contrarié par quatre chicanes fixées en croix autour du cylindre. On obtient ainsi le mélange intime de la chaux avec le vesou dans toute la hauteur de la masse.

Le chaulage se fait à froid. On procède comme suit. La chaux vive est légèrement éteinte de manière à former une poudre assez sèche qu'on tamise soigneusement. On a soin d'en avoir un stock d'avance pour ne pas en manquer. Cette chaux est mise en sacs, portée sur le plancher des appareils mélangeurs et versée dans une caisse en bois, dans laquelle on puise au fur et à mesure des besoins. L'ouvrier chargé de ce travail en pèse la quantité qui lui a été indiquée, variable suivant qu'on fabrique des sucres blancs ou de raffinerie, ou d'exportation. La quantité pesée est délayée dans un peu d'eau et versée dans le mélangeur, lorsque celui-ci est plein aux 2/3 ; le mouvement mécanique décrit plus haut effectue alors le mélange intime, de telle sorte que l'unique occupation de l'ouvrier est de verser la chaux et de manœuvrer les soupapes. Sur les trois mélangeurs, l'un est en remplissage, l'autre est plein et mélangé, et le troisième est en vidange. Comme ces appareils se remplissent l'un à la suite de l'autre par un tuyau de trop plein au même niveau, il s'en suit qu'ils servent en même temps de mesureurs et font connaître la quantité d'hectolitres travaillée par 24 heures.

Défécation. — Des mélangers (13, 13, 13) le jus chaulé est envoyé par la pompe (14) aux chaudières à déféquer (15, 15, 15). La défécation s'y fait comme d'habitude et, après un moment de décantation, qui s'opère rapidement puisque les opérations préliminaires

Digitized by Google

de tamisage des vesous, de sulfitation et de chaulage ont été faites soigneusement, la partie des jus clairs est envoyée aux filtres mécaniques (17, 17) et la partie des jus troubles aux filtres-presses (18, 18).

Les jus clairs sont limpides et décolorés. Les jus troubles, qui ne sont plus qu'en faible quantité (contre 50 % dans le travail sans sulfitation) passent très bien aux filtres-presses, et les jus ainsi filtrés sont joints aux précédents et envoyés directement au triple effet. Le reste du travail est le même que dans les autres fabriques.

ÉPURATION DES JUS PAR LE TRISULFITE DE CHAUX

On a aussi employé le trisulfite de chaux. Des essais furent faits avec ce produit par M. Orchetti, ingénieur chimiste à l'usine de Santa-Lucia (île de Cuba) ; ses conclusions sont les suivantes :

Le trisulfite de chaux ajouté au vesou à la dose de 1 pour mille en permet la conservation pendant un temps qui peut varier de 10 à 36 heures, suivant la qualité et l'état des cannes dont il provient.

Le vesou se trouve en outre en grande partie décoloré ; chacun sait que l'acide sulfureux et les sulfites détruisent très facilement les matières colorantes des végétaux et donnent par conséquent des produits plus beaux et plus faciles à travailler.

Bien que le trisulfite possède par lui-même une réaction acide, il n'augmente pas d'une manière sensible l'acidité naturelle du vesou (employé à la dose de 1 à 5 pour mille). A mesure que son acide sulfureux se transforme en acide sulfurique aux dépens des matières organiques qu'il décompose, l'acide sulfurique formé se trouve absorbé par la chaux que renferme le trisulfite et par les alcalis combinés avec les acides les plus faibles que renferme le vesou (acide silicique, etc., etc.), et il ne reste en liberté que des matières à peu près sans action sur le sucre de canne. Voici les résultats de quelques essais comparatifs faits sur du vesou naturel et du vesou renfermant 1 millième de trisulfite de chaux.

1re *série des expériences* (*cannes récemment coupées*)

1° *Échantillons pris à la sortie du moulin*

Vesou naturel		Vesou avec trisulfite	
Densité	1.090 B. 12	Densité	1.090 B. 12
Acidité	0,75	Acidité	0,80
Polarisation	20,30	Polarisation	20,30
Coefficient de pureté apparent	94,00	Coefficient de pureté apparent	94,00

Digitized by Google

2° *Les mêmes échantillons après* 16 *heures dans des vases ouverts*

Pas de variation dans les poids spécifiques			
Acidité	2,50	Acidité	0,80
Polarisation	18,50	Polarisation	20,30
Coefficient de pureté apparent	85,30	Coefficient de pureté apparent	94,00
L'échantillon présente des traces évidentes de fermentation et a une saveur acide assez prononcée.		L'échantillon a le même aspect et la même saveur qu'au commencement de l'expérience.	

L'échantillon renfermant le trisulfite n'a commencé à entrer en fermentation qu'après 32 heures. Ce vesou était, on le voit, très dense et très riche.

2e *série d'expériences* (*cannes coupées depuis* 6 *jours*)

1° *Échantillons pris à la sortie du moulin*

Vesou naturel		Vesou avec trisulfite	
Densité	1 080 B. 11,5	Densité	1.080 B. 11,5
Acidité	0,9	Acidité	0,9
Polarisation	17,73	Polarisation	17,75
Incristallisable	1,50	Incristallisable	1,50
Coefficient de pureté apparent	85,00	Coefficient de pureté apparent	85,00

2° *Les mêmes échantillons après* 6 *heures de séjours dans des vases ouverts*

Acidité	1,60	Acidité	0,09
Polarisation	17,00	Polarisation	17,50
Incristallisable	1,70	Incristallisable	1,50
Coefficient de pureté apparent	81.80	Coefficient de pureté apparent	84,50

3° *Les mêmes échantillons après* 20 *heures de séjour en vases ouverts*

Acidité	3,00	Acidité	1,00
Polarisation	15,00	Polarisation	17,50
Incristallisable	2,80	Incristalisable	1,50
Coefficient de pureté apparent	72,20	Coefficient de pureté apparent	84,40
L'échantillon présente une saveur acide et est en pleine fermentation.		L'échantillon ne présente aucune modification.	

Nota. — Dans tous les essais, les échantillons filtrés ont montré que le vesou additionné de trisulfite se trouve décoloré environ de moitié.

On voit, ajoute M. Orchetti, qu'il suffit de quelques heures pour que l'acidité du jus de canne se trouve doublée, qu'une certaine partie du sucre se trouve détruite, et que l'acidité et l'inversion suivent à peu près une proportion géométrique.

Dans quelques usines le vesou a séjourné 6 heures et plus avant de pouvoir être déféqué. En adoptant cette moyenne et en examinant les résultats ci-dessus on peut calculer la perte de sucre que le trisulfite de chaux peut éviter.

1° 4 % de sucre renfermé dans le vesou qui disparaît par l'inversion ;

2° Il se forme 1,12 % d'incristallisable, empêchant au moins une fois et demie son poids de sucre de cristalliser, soit 1,70.

Digitized by Google

3° La quantité de chaux nécessaire pour neutraliser l'acidité du vesou et faire une bonne défécation se trouve presque doublée, et il se forme une plus grande partie de sels de chaux empêchant au moins une fois et demie leur poids de sucre de cristalliser ; mettons qu'il faille en plus 0 gr. 4 de chaux pour 100 parties de sucre (et je ne compte que la chaux pure, faisant abstraction des impuretés renfermées dans la chaux commune), ces 0,4 donnent au moins 0,8 de sels qui immobilisent 1,20 °/₀ de sucre cristallisable.

Total : 4 + 1,70 + 1,20 = 6,90 °/₀ ou en chiffres ronds 7 °/₀ de perte sur la totalité du sucre contenu dans le vesou.

Le chiffre de 1 1/2 adopté pour le sucre immobilisé par l'incristallisable et les sels est basé sur le coefficient d'impureté des mélasses bien épuisées. Les coefficients adoptés en Europe sont 2 pour l'incristallisable et 5 pour les sels.

On voit qu'indépendamment de son action décolorante le trisulfite de chaux augmente les rendements, et qu'en résumé son emploi donne un bénéfice sur la quantité comme sur la qualité. Il permet en outre d'employer n'importe quel système de défécation ou de clarification.

Employé à une dose plus élevée, il permet de conserver le vesou beaucoup plus longtemps, qualité précieuse en cas d'accidents.

EMPLOI DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE EN SUCRERIE DE CANNES [1]

C'est vers 1880 que l'acide phosphorique fut proposé comme décolorant dans la fabrication du sucre blanc. Il fut essayé tout d'abord à l'île Maurice dans l'usine Highlands par Clare Bernard assisté de M. Ehrmann, et donna des résultats remarquables. Pour obtenir cet acide, on a recours au superphosphate double, qui contient 45 °/₀ d'acide phosphorique soluble dans l'eau, et on l'emploie en solution de 1.074 de densité. On se sert également du phosphate précipité (bicalcique), insoluble dans l'eau, en le mélangeant au jus sulfité.

Les opinions varient sur le mode d'emploi à adopter dans l'application de l'acide phosphorique. Les uns le font agir sur les jus verts sulfités en y incorporant du phosphate précipité ou du superphosphate ; les autres mélangent au jus verts du superphosphate ; d'autres encore travaillent les jus légèrement alcalins après la sulfitation pour

(1) Cf. De Sornay. — *Bull. Ass.*, 1910, pp. 1190 et suiv.

Digitized by Google

les ramener ensuite à la neutralité ou à une légère acidité à la défécation ; d'autres enfin décolorent la clairce à cuire avec du superphosphate à doses variables. Dans tous les cas précités la dose varie entre 100 et 200 gr. par 100 kg. de sucre suivant la manière de voir du fabricant.

Quand on utilise le superphosphate avant l'évaporation des jus, il encrasse les tubes du triple-effet en se déposant au fur et à mesure de la concentration. L'acide phosphorique cependant est éliminé en grande partie par la défécation : les écumes, au lieu de titrer en moyenne 1,75 à 2 % d'acide phosphorique, contiennent 3 à 3,50 / et même davantage de cet acide ; une autre partie reste en dissolution dans le jus sous forme de phosphate monobasique qui concourt alors avec le sulfate de chaux à encrasser les tubes des chaudières. Ce fait a été mis en lumière par M. Biard en 1888-90 et par M. Pellet (1).

L'acide phosphorique est non seulement un agent d'épuration, mais encore un véritable décolorant. Mis en solution dans le vesou, il se précipite avec la chaux en entraînant la matière colorante brune, avec laquelle il forme une laque noirâtre plus ou moins foncée. Mais, lorsque le vesou est resté exposé à l'air libre et que la matière colorante a absorbé de l'oxygène, l'acide phosphorique le décolore plus difficilement ; il en est d'ailleurs de même pour les autres acides.

Incorporé aux jus concentrés avant la cuite, il entraîne également en se précipitant la matière colorante brune que l'on retrouve sous forme de laque noire au fond des bacs. On soutire au clair et on envoie ce magma aux bacs à écumes. Si on l'ajoute aux jus sulfités, il n'augmente guère leur pureté, mais il diminue un peu le taux de la matière organique. Employé aux défécateurs, il donne des résultats moins bons : au contact du jus légèrement alcalin ou neutre, il se combine à la chaux et ne peut plus concourir dès lors à la décoloration.

Le plus souvent l'acide phosphorique sert à décolorer la clairce avant la cuite. M. de Sornay a fait des essais pour se rendre compte de la décoloration produite par diverses doses employées, en supposant que 2 gr. par litre de clairce soit un maximum représenté par 100. Voici les résultats obtenus :

(1) *Bull. Ass.*, 1894-95.

Digitized by Google

						Moyennes
2 gr.	100	100	100	100	100	100
1 » 5	88	90	89	87	88	88,4
1 » 0	84	85	86	83	81	84,6
0 » 5	71	74	72	70	72	71,8
Témoin	56	59	60	55	57	57,4

On voit par là que la décoloration n'est pas proportionnelle à la quantité employée ; il est même assez curieux de voir que le rapport de 1 gr. à 2 gr. est presque le même que celui de 0 gr. 5 à 1 gr. Le pouvoir décolorant augmente avec la température, mais non proportionnellement.

Il s'ensuit que pour décolorer la clairce par le superphosphate il faut tenir compte de deux facteurs essentiels : la dose employée et la température à laquelle on opère. Au sortir des appareils à évaporer, la clairce est généralement à une température de 70-75° C. ; au fur et à mesure de l'emplissage du bac elle se refroidit et on ajoute le superphosphate à environ 65° C. Cette clairce reste en décantation pendant au moins 6 heures et pendant ce temps la température diminue graduellement.

Employé dans cette phase de la fabrication, l'acide phosphorique à forte dose présente du danger d'inversion du sucre. Il était intéressant de connaître le degré de température auquel l'inversion commence à se produire avec les doses habituelles de 0 gr. 5 à 1 gr. de superphosphate par litre. M. de Sornay a obtenu les résultats suivants :

Clairce à 1.235 de densité maintenue à la température de 65° C. pendant 6 heures

	Témoin	0 gr. 5	1 gr.	1 gr. 5	2 gr.
Sucre pour 100 gr. .	59,72	59,60	59,66	59,46	59,00
Glucose » .	1,60	1,48	1,56	1,78	2,20
Pureté apparente . .	86,9	86,8	86,7	86,4	85,8
Glucose p. 100 de sucre	2,6	2,5	2,6	2,9	3,7

Clairce à 1208 de densité à divers températures pendant 6 heures

	Témoin	0 gr. 5 à 65° C.	0 gr. 5 à 80° C.	1 gr. à 65° C.	1 gr. à 80° C.	1 gr. à 100 C.
Sucre p. 100 gr. .	53,8	53,20	53,12	53,14	52,68	48,98
Glucose » . .	1,36	1,32	1,34	1,38	2,00	5,75
Pureté apparente.	89,0	88,9	88,8	89,0	87,8	82,5
Glucose p. 100 de sucre . . .	2,5	2,4	2,5	2'4	3,8	11,7

Ainsi, on constate une légère inversion à partir de 1 gr. 5 par litre et une inversion assez prononcée avec 2 gr. A la température de 80° C.

Digitized by Google

l'inversion commence avec 1 gr. par litre et va en augmentant avec l'élévation de température.

Il résulte de ces essais que l'acide phosphorique, appliqué d'une manière rationnelle et à petite dose, ne peut nuire aux rendements et permet d'obtenir des sucres de belle qualité. Employé à des doses élevées, il provoque non seulement l'inversion du sucre à certaines températures, mais encore il diminue les rendements.

ÉPURATION ET CLARIFICATION CONTINUE DES JUS SUCRÉS PAR LE PROCÉDÉ PHOSPHO-CALCIQUE DE M. MANOURY [1]

Ce procédé consiste à ajouter aux jus sucrés un minimum d'acide phosphorique soluble par 10 hl. de jus vert. L'épuration est d'autant plus grande que la quantité d'acide phosphorique soluble ajoutée est plus forte. On règle cette quantité en se basant sur la teneur en phosphate de chaux précipité que l'on désire avoir dans les résidus ou écumes des filtres-presses. L'acide phosphorique soluble sera fourni de préférence par les superphosphates riches, contenant de faibles quantités de sulfate de chaux et de 30 à 55 % d'acide phosphorique soluble. Les jus ainsi traités sont ensuite neutralisés par une addition de chaux destinée à précipiter l'acide phosphorique dissous dans les jus à épurer ; ils sont ensuite chauffés à 90-100° C. afin de coaguler les matières albuminoïdes et de précipiter les matières minérales et organiques.

L'épuration des jus traités par l'acide phosphorique et la chaux après chauffage vers 100° est telle que le liquide clair et décoloré se sépare avec la plus grande facilité du précipité par la filtration immédiate au filtre-presse.

Pour l'application du procédé on emploie les dispositions suivantes. Les jus des moulins arrivent dans deux bacs jaugés d'où ils s'écoulent alternativement dans deux autres bacs munis d'agitateurs où se fera d'abord l'addition de la quantité déterminée d'acide phosphorique et finalement celle de la chaux. Une pompe aspire successivement dans chacun des deux bacs le jus neutralisé par la chaux et le refoule à travers des réchauffeurs disposés en batterie, dans lesquels le chauffage sera réglé de manière que le thermomètre placé dans la conduite de sortie du jus se maintienne à 90-100°. Les jus sortant des réchauffeurs se rendent par une conduite aux filtres-

[1] Brevet français n° 444128, 30 juillet 1912.

Digitized by Google

presses. De cette façon, il suffira d'une seule pompe pour refouler les jus à travers les réchauffeurs et alimenter la batterie de filtres-presses, et on réalise ainsi la continuité de l'épuration et de la clarification des jus.

Les jus sortant des filtres-presses sont limpides et décolorés, le précipité de phosphate de chaux et les impuretés du jus coagulées par la chaleur des réchauffeurs sont retenus par l'espace laissé libre entre les plateaux filtrants. Lorsqu'un filtre-presse est plein, on ferme sur lui l'arrivée du jus à filtrer et on procède au désucrage des tourteaux par un lavage à l'eau dans le filtre-presse même, ainsi qu'on le fait habituellement pour les écumes de double carbonatation.

Ce procédé, on le voit, est d'une grande simplicité ; il est en même temps très économique au triple point de vue des produits à employer, de la main-d'œuvre et de la chaleur. En outre, l'acide phosphorique qui est le produit coûteux exigé par ce procédé, se retrouve en totalité à l'état assimilable dans les écumes des filtres-presses sous forme de phosphate de chaux bibasique. Ces écumes constituent par elles-mêmes un excellent engrais azoté et phosphaté dans lequel l'acide phosphorique a sensiblement la même valeur que dans les superphosphates. Par suite, la dépense en réactifs nécessaires pour l'application du procédé se trouve très réduite du fait de la grande valeur des écumes qu'il produit.

Le procédé phospho-calcique que nous venons de décrire se distingue des autres procédés connus par ce fait qu'il réalise l'épuration des jus en une seule opération. Pour les jus de cannes fournis par les moulins, il permet de supprimer les défécateurs et le travail de lavage des écumes décantées, tout en donnant des jus plus limpides et plus purs que ceux obtenus par défécation à la chaux.

Essais comparatifs de défécation à la chaux et à l'acide phosphorique. — Le jus mélangé des moulins à 3 pressions et imbibition avait la composition suivante :

Brix = 14,33, Sucre = 12,45, Pureté = 86,18

Sur un litre du dit jus on pratiqua la défécation ordinaire en l'additionnant de lait de chaux jusqu'à légère alcalinité et après chauffage vers 95-100° on filtra, le jus filtré donna les résultats suivants à l'analyse :

Brix = 14,69, Sucre = 12,90, Pureté = 87,81

(1) D'après M. de Villèle.

Digitized by Google

Un deuxième litre du même jus fut additionné de 1/2 gr. d'acide phosphorique et rendu ensuite légèrement alcalin par addition de lait de chaux, puis chauffé vers 95-100° et filtré. Le jus clair obtenu donna à l'analyse les résultats suivants :

Brix = 14,88, Sucre = 13,21, Pureté = 88,77

Un 3e litre du même jus fut additionné de 1 gr. d'acide phosphorique puis de lait de chaux jusqu'à la légère alcalinité, chauffé à 95-100° et filtré. Le jus clair obtenu donna à l'analyse les résultats suivants :

Brix = 14,78, Sucre = 13,19, Pureté = 89,25

Un 4e litre du même jus fut additionné de 1 gr. 5 de phosphorique puis de lait de chaux jusqu'à légère alcalinité, chauffé vers 95-100° et filtré. Le jus clair analysé donne les résultats suivants :

Brix = 14,65, Sucre = 13,21, Pureté = 90,17

Un 5e litre du même jus fut additionné de 2 gr. d'acide phosphorique, puis de lait de chaux jusqu'à la légère alcalinité, chauffé vers 95-100° et filtré, Le jus clair analysé donne les résultats suivants :

Brix = 14,75, Sucre = 13,26, Pureté = 89,83

Ce qui montre qu'il ne faut pas forcer la dose d'acide phosphorique au delà d'une certaine limite.

EPURATION DES JUS DE CANNE PAR LE KIESELGUHR

Le kieselguhr, dont nous avons fait ressortir l'efficacité dans l'épuration des jus de betteraves (T. I, p. 499) donne également de bons résultats dans le traitement du vesou. A l'état de poudre impalpable calcinée, il constitue un oxydant énergique ; par suite, il décolore les jus sucrés tout en éliminant les réducteurs et les agents de fermentation que la canne renferme en plus grande quantité que la betterave. Cette élimination, qui est remarquable avec le kieselguhr ferrique, paraît transformer la glucose en acides carbonique et oxalique, qui contribuent en même temps que le kieselguhr à précipiter la chaux des jus.

Les effets remarquables produits par le kieselguhr dans l'épuration des jus de cannes sont déjà nettement perceptibles à partir de 0,5 °/₀₀, et ils s'accentuent proportionnellement avec la quantité employée. D'après les expériences faites par M. W. Guerrero [1], la dose qui

[1] *Bull. Ass.*, 1910, p. 308.

Digitized by Google

paraît le mieux convenir pour les jus de cannes est comprise entre 1 et 2 °/₀₀, appliquée en deux fois de la manière suivante :

0,50 °/₀₀ sur les jus bruts de moulins, filtrés, ou sur les jus de diffusion ;

1 °/₀₀ sur les jus épurés par défécation, carbonatation ou phosphatation. Les sirops et les égonts gagnent à être traités au kieselguhr.

Pour être très efficace, celui-ci doit être mélangé intimement avec les jus et le tout agité très énergiquement à l'aide d'une pompe centrifuge ou d'une tuyère à air comprimé. Après ce brassage énergique, les jus doivent être chauffés et filtrés. En opérant dans les conditions requises, on peut obtenir dans chaque opération sur le jus 1 ou 2 degrés de pureté, représentant environ à 0,10-0,20 °/₀ de rendement de sucre en plus.

La faible quantité de kieselguhr et son prix réduit rendent son emploi économique. Voici les résultats que l'auteur en a obtenus en 1910 par l'emploi de 1 à 2 °/₀ de jus :

Essai avant la campagne :	pureté	67 à 75° :	Augmentation	2,2	en moyenne
» durant » (avril)	»	82 à 87° :	»	2,3	»
» » » (mai)	»	82 à 88° :	»	3,1	»

ÉPURATION DES JUS DE CANNES PAR LA PHOSPHO-GÉLOSE (CHAUX, ACIDE PHOSPHORIQUE ET KIESELGUHR), PROCÉDÉ W. GUERRERO [1]

Ce procédé consiste à épurer les jus de cannes par l'emploi combiné de la chaux, de l'acide phosphorique sous forme de biphosphate de chaux pur spécialement préparé en dehors des jus, et du kieselguhr à l'état de poudre impalpable. On opère comme suit :

Les jus bruts, préalablement sulfités ou non, arrivent par la conduite *a* (fig. 369) et se déversent dans les chauleurs phosphateurs *bb'* où l'on ajoute les réactifs suivants :

De la chaux, sous forme de lait, de pâte ou de poudre ;

Du biphosphate de chaux hydraté, à l'état pulvérulent, obtenu par un procédé connu quelconque ;

Du kieselguhr, à l'état de poudre impalpable.

La quantité de chaux varie, suivant la nature des cannes, de 500 à 1.000 gr. par 1.000 l. de jus. Ce taux peut encore être plus élevé si l'on veut, le biphosphate de chaux hydraté ainsi que le kieselguhr

[1] Brevet fr. n° 445 830, 14 sept. 1912, 20 nov. 1913.

Digitized by Google

précipitant une quantité de chaux variable suivant l'acidité ou l'alcalinité des jus.

Le biphosphate peut s'employer à doses variables de 2 à 5 kg. par 1.000 l. de jus normal.

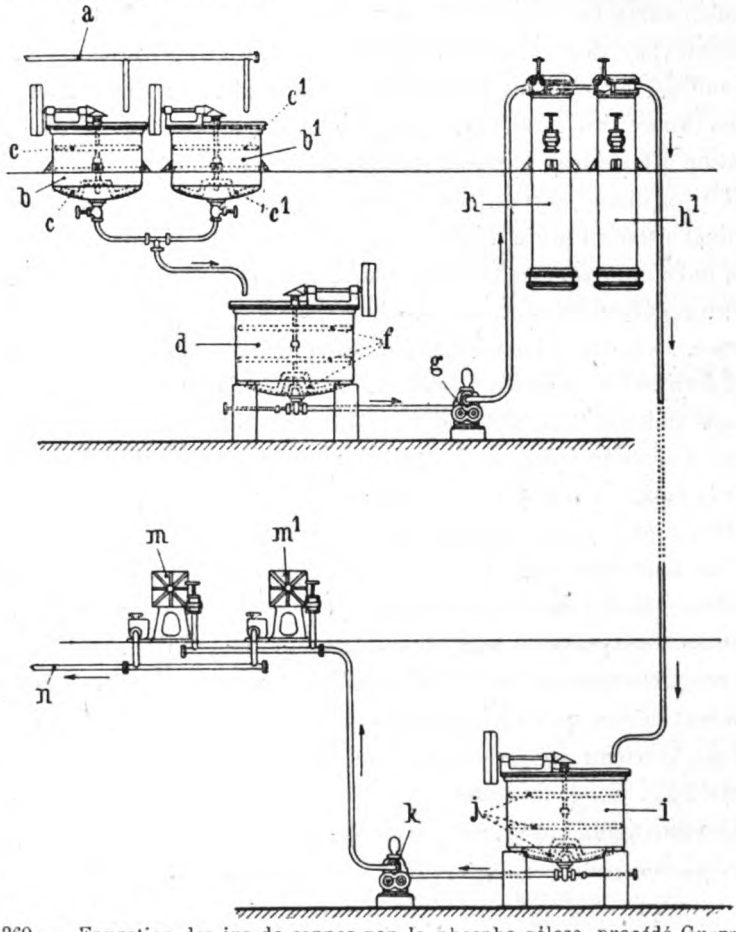


Fig. 369. — Epuration des jus de cannes par la phospho-gélose, procédé Guerrero.

Le kieselguhr est employé en proportion de 10 à 25 % de son mélange avec le biphosphate de chaux hydraté.

Les réactifs sont incorporés aux jus dans l'ordre indiqué ; d'abord la chaux pour les alcaliniser, puis le biphosphate de chaux hydraté et enfin le kieselguhr.

Au moyen des agitateurs *c*, *c'*, on produit un brassage énergique des jus avec ces réactifs, ce qui donne lieu à une épuration froide par chaulage et phosphatage.

Digitized by Google

Le jus est ensuite vidangé dans le mélangeur d'attente *d* muni d'agitateurs *f* ; lorsqu'il est clarifié, il est repris par la pompe *g* qui le refoule à travers les réchauffeurs de construction connue, à circulations multiples et rapides *h* et h^1, où sa température s'élève au degré voulu, variable entre 90 et 100°. Ces réchauffeurs sont alimentés à volonté par des vapeurs d'échappement ou des vapeurs vives. Ce chauffage favorise les réactions précipitantes, il assure un mélange plus intime des matières, complète la clarification et facilite la filtration ultérieure et prépare les jus pour leur évaporation.

Le jus chaud sortant des réchauffeurs hh^1 est reçu dans le mélangeur d'attente *i* muni d'agitateurs *j*, d'où il est repris par une pompe *k* qui le refoule dans la batterie des filtres-presses *m* et m^1, d'une manière régulière et continue assurant dans les filtres une pression uniforme. Grâce à cette uniformité, ainsi qu'à la nature des précipités qui forment un tourteau poreux, très perméable, les jus s'écoulent d'une manière régulière des filtres-presses dont les plateaux, à sections d'écoulement spéciales, donnent un fort débit. Ces jus sortent par la conduite *n* et peuvent aller directement à la concentration, sans filtration mécanique complémentaire.

Les tourteaux des filtres-presses, presque secs à la sortie des presses, sont évacués au dehors où leur dessiccation se complète ; puis ils sont pulvérisés au désintégrateur, mis en sacs ou expédiés en vrac directement aux champs de cannes où leur épandage se fera d'autant mieux qu'ils auront été plus finement pulvérisés. La quantité de tourteau sec obtenue varie suivant la pureté des jus, entre 8 et 12 kg. par t. de cannes.

Ces tourteaux ont la composition suivante :

Azote organique.	1 à 2 %
Acide phosphorique	10 à 16 %
Matières humiques	40 à 50 %

Cet engrais contient en outre de la chaux active, ce qui en augmente leur valeur agricole pour la culture de la canne.

NOUVEAU PROCÉDÉ WEINRICH POUR LA DÉFÉCATION DU VESOU

Ce procédé consiste essentiellement à déféquer le jus dans la canne même avant de l'envoyer aux moulins, et à laisser ainsi l'écume dans la bagasse. A cet effet, la canne est finement défibrée et traitée avec un lait de chaux jusqu'à neutralité ou légère alcalinité ; la

Digitized by Google

masse entière est ensuite chauffée à 85° C. et passée aux moulins comme à l'ordinaire pour en extraire le jus.

La bagasse retient la plus grande partie des impuretés et donne un jus pur et très clair. On diminue ensuite l'alcalinité des jus filtrés en les traitant par l'acide phosphorique, par l'acide carbonique ou par l'acide sulfureux. Les essais suivants faits à l'usine de Chapana (Cuba) par M. Hoppenstedt montrent l'efficacité du nouveau procédé.

Essai n° 1. a) *Méthode ordinaire.* — On a opéré sur 500 gr. de canne défibrée dont le jus extrait à la presse a été légèrement alcalinisé par une addition de lait de chaux ; on a ensuite chauffé et filtré.

b) *Méthode nouvelle.* — 800 gr. de la même canne défibrée sont traités avec 5 % de lait de chaux bouillant, pesant 2° Baumé (qui rend la masse légèrement alcaline), on chauffe à 85° au bain-marie, et on obtient le jus à la presse sans filtrer.

c) *Méthode nouvelle.* — Même méthode qu'en *b*), mais on a précipité la chaux en excès par l'acide phosphorique dilué et filtré. Voici les résultats obtenus :

	a) Jus filtré	*b*) Jus non filtré	*c*) Jus filtré
Pureté	87,5	87,0	89,1
Glucose (dans la masse)	3,2	4,0	3,6

Essai n° 2. a) *Méthode ordinaire.* — Comme au n° 1 (*a*).

b) *Nouvelle méthode.* — On a opéré sur 500 gr. de canne déchiquetée, en la traitant par 1,5 % de lait de chaux bouillant, pesant 5° Baumé, on l'a fait chauffer à 85° C., on a exprimé le jus, sans filtrer.

	a) Jus filtré	*b*) Jus non filtré
Pureté	90,9	90,7
Glucose (dans la masse)	2,9	2,1

Essai n° 3. a) *Méthode ordinaire.* — On a opéré sur 500 gr. de canne déchiquetée ; le jus extrait à l'aide d'une presse est rendu légèrement alcalin par un lait de chaux ; l'excès de chaux est ensuite précipité avec de l'acide phosphorique et filtré.

b) *Nouvelle méthode.* — 500 gr. de canne déchiquetée sont traités avec une quantité suffisante de lait de chaux bouillant, pesant 5° Baumé, pour prendre une légère alcalinité. On chauffe à 85° C. au bain-marie, on exprime le jus, on neutralise la chaux en excès par l'acide phosphorique et on filtre. Résultats :

	a) Jus filtré	*b*) Jus non filtré
Pureté	82,2	82,4
Glucose	5,2	4,2

Digitized by Google

Les solutions pesaient en moyenne de 15° Brix. Plusieurs essais antérieurs avaient montré que l'emploi du lait de chaux épais est préférable à celui de l'eau de chaux.

EMPLOI DE LA FORMALDÉHYDE EN SUCRERIE DE CANNES

On connaît depuis longtemps le pouvoir antiseptique du formol et les nombreuses applications qui ont été faites de ce produit dans l'hygiène publique et privée. M. le Dr J. A. Simpson a étudié plus spécialement son emploi dans la sucrerie de cannes ; il a traité ce sujet dans un mémoire très substantiel (1) dont nous résumerons ici les points les plus importants.

Le pouvoir antiseptique du formol se manifeste d'une façon surprenante dans la conservation du jus de canne. Des expériences comparatives faites au « Central Cavadongo » avec le sublimé et le formol ont démontré que, à la proportion de 1 pour 50.000, le formol retarde sensiblement la décomposition des liquides sucrés, contrairement à ce qui a lieu pour ceux additionnés de sublimé en proportion plus grande. 200 cm³ de formol dissous dans l'eau et ajoutés à un défécateur de 4.000 l. conservent le jus sans aucune altération pendant plusieurs heures.

On sait que le jus extrait par la pression de la canne dans les moulins tient en dissolution le sucre et tous les éléments solubles de la canne, tels que la glucose, les acides organiques, les sels, l'albumine, les pectines et les matières colorantes. Par ce système d'extraction, en outre, beaucoup de particules des tissus de la canne, et aussi les résidus des cellules sont entraînés par le jus et l'accompagnent dans toute la fabrication en donnant lieu à des décompositions de sucre. Le formol agissant sur ces tissus et cellules, les durcit, les précipite avec les écumes et les élimine des jus.

Les matières organiques azotées, constituées par l'albumine en dissolution dans le jus, ne sont pas complètement éliminées par la chaux et la chaleur. Les unes sont décomposées par la chaux et donnent un peu d'ammoniaque, capable d'intervertir du sucre ; les autres passent dans les mélasses dont elles augmentent la quantité et diminuent les rendements. Le formol a pour effet de coaguler l'albuminoïde ; celle-ci est ensuite entraînée par la chaux et complètement séparée du jus.

(1) Dr J. A. Simpson. — *Bullet. Ass*, nov. 1907, p. 531.

Digitized by Google

Les matières pectiques, résultant de la modification de la pectose insoluble contenue dans les tissus cellulaires, jouent un rôle très important dans la formation des mélasses. La pectose est une variété de la cellulose qui forme spécialement la partie dure et fibreuse. Elle se dédouble sous l'action des ferments en pectine soluble, gélatineuse que la chaux ne précipite pas complètement et qui vient également augmenter la quantité de mélasse. Le formol, agissant sur ces matières pectiques, les fait précipiter avec l'aide de la chaux et permet de les éliminer du jus.

Enfin, les jus de canne véhiculent des ferments de toutes sortes dont la plupart résistent aux températures appliquées dans les différentes opérations de la sucrerie. Parmi ces ferments on peut ranger : 1° l'invertine, qui produit l'inversion d'une partie de saccharose par fixation d'eau ; 2° divers organismes cellulaires, animaux ou végétaux, qui attaquent le sucre, produisent des acides dont on connaît le pouvoir inversif ; 3° les ferments de nitrification qui du sol pénètrent dans la canne et de la canne dans le jus. Pour neutraliser l'acidité des jus, on est obligé d'ajouter du lait de chaux, d'où résulte une augmentation des sels de chaux qui, dans la suite du travail, incrustent les appareils et retardent la cristallisation. Le pouvoir nuisible des ferments s'exerce non seulement en cours de fabrication, mais encore sur le sucre fabriqué et conservé en magasin. L'emploi méthodique du formol permet de supprimer tous ces inconvénients.

Le formol, étant parfaitement volatil, s'évapore des jus sans laisser de résidu ; il ne se combine pas avec la saccharose et ne l'altère pas. Les vapeurs qu'il dégage ne sont pas nuisibles, ni même désagréables pour les ouvriers.

Son emploi en sucrerie n'exige ni appareils coûteux ni intervention spéciale d'un ouvrier. On se sert d'un réservoir d'environ 1.000 l. de capacité qu'on dispose au niveau du vase de sûreté des appareils à cuire ; ce réservoir, alimenté d'eau de condensation, sert à diluer le formol et à distribuer le liquide désinfectant dans les différents postes de l'usine.

Dans ses expériences, faites au « Central Cavadonga » en 1906-1907, le Dr J. A. Simpson a employé le formol en solutions de différentes concentrations ; il a obtenu les meilleurs résultats en prenant 50 l. de formol à 40 %, soit 20 l. de formol pur, dilués dans

Digitized by Google

1.000 l. d'eau de condensation. Cette solution correspond à 20 gr. d'aldéhyde formique par litre ou à une concentration de 2 %.

Une pratique recommandable consiste à désinfecter les jus dès l'extraction aux moulins. A cet effet, on fait communiquer le réservoir à formol avec le premier moulin par un tube de 2 pouces, terminé par un tube de 1/4 de pouce, muni de perforations sur toute sa longueur et placé au-dessus de la masse. Le robinet de ce tube est réglé de manière à ce qu'il laisse écouler 50 l. de solution par chaque fois 50.000 l. de jus ; on obtient ainsi une désinfection suffisante pour empêcher le développement des ferments comme le prouvent les expériences faites par A. F. C. J. Bird.

Voici d'ailleurs quelques analyses comparatives de jus traités par le formol et de jus obtenus par les mêmes méthodes de fabrication, non traités par le formol.

ANALYSES DE JUS NON TRAITÉS PAR LE FORMOL.

Jus vert		Le même jus après neutralisation à froid jusqu'à légère alcalinité puis défécation
Mat. solides (Brix)	17,2 %	17,3 %
Saccharose	15,2 »	15,7 »
Non-sucre	2,0 »	1,6 »
Pureté	87,8 »	88,2 »
Acidité	0,58 ‰	0,32 ‰

ANALYSES DE JUS TRAITÉS PAR LE FORMOL

Jus vert		Le même jus formolé alcalinisé légèrement et défégué
Mat. solides (Brix)	17,5 %	17,5 %
Saccharose	15,3 »	15,6 »
Non-sucre	2,2 »	1,7 »
Pureté	77,4 »	89,1 »
Acidité	0,61 ‰	0,32 ‰

Si l'on compare les résultats fournis par ces deux essais, on voit que dans le jus non traité par le formol le non-sucre a augmenté de 0,1, la saccharose de 0,5 et le Brix de 0,6. La pureté a augmenté de 0,4, mais on a obtenu une réaction acide de 0,32 %. On voit également que dans le jus traité par le formol le non-sucre a diminué de 0,3 %, que la saccharose n'a augmenté que de 0,3 avec un degré Brix constant, phénomène dû à la dilution produite par l'eau du lait de chaux et du formol et par les eaux de lavage qui, cette fois, ont été ajoutées au jus. La pureté a augmenté de 1,7 et l'acidité a été très faible.

Digitized by Google

ANALYSES DE SIROPS FOURNIS PAR LES JUS

	1° Jus vert non formolé	Sirop fourni par ce jus
Brix	17,2 %	34,4 %
Saccharose	14,6 »	29,6 »
Non-sucre	2,6 »	4,8 »
Pureté	84,9 »	85,9 »
Acidité	0,67 ‰	0,48 ‰

	2° Jus vert formolé	Sirop fourni par ce jus
Brix	17,8 %	37,7 %
Saccharose	14,5 »	32,8 »
Non-sucre	3,2 »	4,9 »
Pureté	82,0 »	87,0 »
Acidité	0,72 ‰	0,14 ‰

Augmentation de la pureté du jus au sirop, sans formol = 1,0.
Augmentation de la pureté du jus au sirop, avec formol = 5,0.

ANALYSES DE MASSES CUITES

	Sans formol	Avec formol
Brix	90,0 %	90,4 %
Non-sucre	20,5 »	14,6 »
Saccharose	69,5 »	75,8 »
Pureté	77,2 »	83,8 »
Acidité	2,4 ‰	0,8 ‰

Ces expériences furent faites au « Central Cavadongo » pendant la campagne 1906-1907.

CLARIFICATION DES JUS ET DES SIROPS

Dans certaines colonies où les fabricants produisent du sucre blanc en 1er jet, ils font subir au jus après la défécation, ou au sirop après la concentration, une opération complémentaire analogue à une défécation, mais sans emploi de chaux et que l'on appelle *clarification*.

Cette opération s'effectue dans des appareils appelés *clarificateurs*. — Nous donnons ci-dessous la description et la marche de ces appareils, dont l'un (fig. 370) est en tôle et à serpentin, l'autre (fig. 371), en cuivre et fonte à double fond ; ces appareils sont semblables aux chaudières à déféquer décrites plus haut.

On fait arriver dans la chaudière le jus ou le sirop par le robinet D (fig. 370) ; lorsqu'elle est pleine, on ouvre le robinet de vapeur, pour porter la température à un degré très voisin de l'ébullition. La vapeur arrive par le tuyau général C et les tuyaux H

Digitized by Google

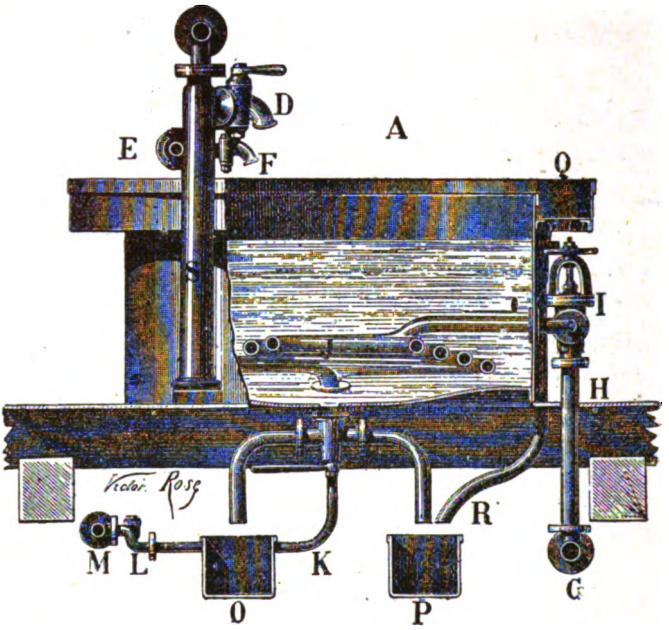


Fig. 370. — Chaudière à clarifier, à serpentin. Construction Cail.

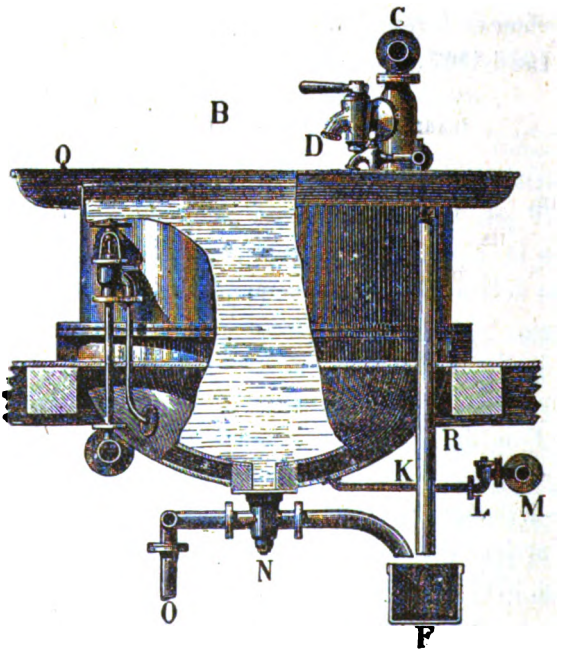


Fig. 371. — Chaudière à clarifier, à double fond. Construction Cail.

Digitized by Google

pour passer par le robinet I dans le serpentin ou dans le double fond D.

L'eau de condensation sort par le tuyau K, le clapet de retour L et le tuyau collecteur M, pour retourner au récipient de retour d'eau et aller alimenter les générateurs.

Lorsque le liquide est chauffé à une température voisine de l'ébullition, il se forme à la surface des écumes légères qu'on enlève à l'écumoire et qu'on jette dans la gouttière circulaire Q, placée autour de la chaudière ; ces écumes se rendent par le tuyau R dans la gouttière P pour être traitées avec celles de défécation.

On répète cette opération deux ou trois fois au besoin sur le même liquide. Le jus clair, restant seul dans la chaudière, est vidangé par le robinet N à trois eaux, dans la gouttière O, pour être conduit de là à l'évaporation s'il s'agit de jus, et à la cuite s'il s'agit de sirop.

Nous croyons qu'il est préférable de clarifier les sirops, car l'albumine en solution étendue se coagule très incomplètement par la chaleur ; on caogulera donc plus facilement les matières albuminoïdes dans un sirop pesant 20° Baumé que dans un jus ne pesant que 7°.

Dans la purification du sirop, on observe deux faits importants : le sirop devient plus clair et plus limpide, la glucose ou les matières agissant sur la liqueur cuivrique diminuent, et en même temps la pureté augmente.

Voici les résultats comparatifs que l'on a obtenus à la Guadeloupe sur les sirops avant et après clarification.

Analyse des sirops avant et après clarification.

Degrés Baumé	I Sucre p. 100 cm3	II Sucre p. 100 cm3	I Glucose p. 100 cm3	II Glucose p. 100 cm3	I Glucose p. 100 de sucre	II Glucose p. 100 de sucre	I Alcalinité chaux par litre	II Alcalinité CaO par litre	I Quotient de Pureté	II Quotient de Pureté
23	40,98	41,14	3,13	2,93	7,5	7,1	0,08	0,08	83,2	83,8
19	31,59	31,80	2,00	1,84	6,3	5,8	0,06	0,06	81,7	82,2
20	34,92	35,68	1,78	1,64	5,0	4,6	0,05	0,05	84,5	84,9
19	31,71	31,96	2,31	2,17	7,2	6,8	0,08	0,07	82,0	82,7
19	32,61	32,68	1,70	1,53	5,2	4,6	0,10	0,10	84,3	84,5
18	29,75	27,90	2,18	1,94	7,0	6,5	0,08	0,07	81,4	81,9
19,7	23,59	35,19	2,02	2,01	6,35	5,9	0,08	0,07	82,8	83,3

I avant la clarification ; II après la clarification.

Digitized by Google

REMARQUES SUR LA DÉFÉCATION A LA CHAUX

Les divers procédés de défécation à la chaux ne permettent pas la filtration directe des jus troubles aux filtres-presses ni des jus décantés aux filtres mécaniques et offrent l'inconvénient de salir très vite les appareils d'évaporation et de cuite. Les nettoyages fréquents que l'on doit pratiquer dans ce cas sur les appareils d'évaporation et de cuite occasionnent des pertes très onéreuses de temps et d'argent. Les dépôts qui se produisent pendant l'évaporation et la cuite empêchent la vapeur de donner tout son effet utile et les sucres obtenus au turbinage sont d'une conservation difficile en raison des fermentations que ces impuretés favorisent.

Pour remédier à ces inconvénients Manoury, en 1890, à Constancia (Cuba), compléta l'épuration que donne la défécation à la chaux par une épuration à la baryte et au sulfate de magnésie. A cet effet, pour opérer la défécation à la chaux, il remplaça les 40 défécateurs à double fond qui existaient dans l'usine, par 3 grands défécateurs à serpentins de 600 hl. de capacité chacun et opéra la défécation de la manière suivante : Les jus des moulins arrivaient dans deux bacs mesureurs en charge sur un malaxeur, chaque bac mesureur recevait une quantité de lait de chaux établie toutes les 2 heures pour donner aux jus chaulés une alcalinité d'au moins 0 gr. 1 par litre de jus. Le jus ainsi chaulé tombait de chaque bac mesureur dans le malaxeur destiné à opérer un mélange aussi parfait que possible du jus et de la chaux. Une pompe aspirait le jus chaulé dans le malaxeur et le refoulait à travers 2 réchauffeurs tubulaires dans l'un des 3 bacs défécateurs de 600 hl. où, au moyen du serpentin de vapeur, on portait sa température vers 100°. Ce point atteint, il se formait un chapeau à la surface du bac ainsi chauffé et la partie lourde du précipité gagnait rapidement le fond. L'intervalle entre le chapeau et le dépôt du fond était constitué par le jus clair ; une disposition mécanique appropriée permettait l'enlèvement du chapeau qui était envoyé dans le bac à écumes. Le chapeau enlevé, on soutirait le jus clair au moyen de robinets placés à des hauteurs convenables permettant d'en arrêter l'écoulement lorsqu'on atteignait le niveau du précipité du fond.

Après le soutirage du jus clair, l'écume du fond allait rejoindre le chapeau dans le bac à écumes et on lavait les serpentins et le bac

Digitized by Google

par un jet d'eau sous pression qui allait diluer les écumes en entraînant les parties d'écumes adhérentes aux serpentins et aux tôles de fond et des côtés du bac en nettoyage. Les écumes, après addition de lait de chaux, étaient refoulées dans les filtres-presses après avoir été réchauffées au moyen d'un barbotteur de vapeur. Les petits jus clairs et fortement alcalins coulant des filtres-presses allaient au lait de chaux pour rentrer avec lui à la défécation. Une pompe refoulait les jus clairs, soutirés des bacs après défécation, dans les anciens défécateurs où ils recevaient 1 gr. de sulfate de magnésie par litre de jus et 0 gr. 75 de baryte (BaO) également par litre de jus. Il y avait dans ces conditions un excès de baryte dont l'alcalinité était favorable pour la suite du travail tant à l'évaporation qu'à la cuite : dans celle-ci, les dépôts étaient tellement faibles, qu'on n'avait plus à nettoyer que 2 ou 3 fois pendant les 5 mois que durait la campagne. L'addition de la baryte dans le jus ayant reçu du sulfate de magnésie provoquait un précipité de sulfate de baryte et la magnésie mise en liberté se précipitait également ou facilitait le dépôt des précipités quand on portait à l'ébullition. Ce point atteint on ouvrait le robinet de vidange et on envoyait le tout dans les filtres mécaniques Philippe ; on obtenait ainsi un jus d'une parfaite limpidité qui allait à l'évaporation.

Les dépôts, retenus par les filtres Philippe pendant la filtration allaient rejoindre les écumes de défécation dans le bac à écumes lorsqu'on procédait à leur nettoyage. Nous avons expliqué plus haut comment le mélange d'écumes, après chaulage, était chauffé au moyen de barboteurs de vapeur et refoulé aux filtres-presses.

Grâce à ce mode de travail, la sucrerie de Constancia produisait des sucres de haute polarisation et d'une parfaite conservation. C'est la démonstration de la nécessité d'avoir un procédé de défécation qui donne, en une seule opération, des produits qui puissent se filtrer aux filtres-presses ainsi qu'on le fait avec les jus de la betterave à sucre.

Digitized by Google

CHAPITRE VII

—

FILTRATION DES JUS ET DES ÉCUMES

Nous avons vu plus haut que la défécation avait pour effet de séparer le jus en un liquide clair et un liquide boueux formé soit par dépôt, soit par des écumes surnageant le liquide. En règle générale, on obtient 90 °/₀ de jus clair et 10 °/₀ d'écumes. Celles-ci sont décantées dans un bac et additionnées de lait de chaux : on agite et laisse déposer, puis on décante le liquide surnageant et on l'ajoute aux jus clairs, tandis que l'on passe les écumes au filtre-presse. Dans certaines usines, le jus clarifié est passé en masse au filtre mécanique ; dans les usines moins importantes, le jus est épuré par simple ébullition et débarrassé des impuretés qui viennent se réunir à la surface.

A Maurice, on se sert encore beaucoup du décanteur Portal, malgré ses graves inconvénients. Cet appareil se compose d'un réservoir rectangulaire en tôle, cloisonné, c'est-à-dire formant 6 à 8 compartiments séparés par des cloisons de même métal, fixées sur le fond et les côtés du bac ; ces cloisons laissent à leur partie supérieure une ouverture pour l'écoulement du jus d'un compartiment dans un autre ; les ouvertures sont pratiquées sur la droite des cloisons dans les numéros impairs, en supposant que l'arrivée du jus dans le bac se fasse sur la gauche du réservoir, et les cloisons paires ont leurs ouvertures faites sur les côtés gauches, de manière que le jus forme un jeu de serpentin dans son écoulement d'une partie à l'autre. Dans sa marche lente le jus laisse tomber au fond des réservoirs les parties lourdes et impures qui y sont mêlées et le liquide, plus ou moins bien décanté, sort du bac par un réservoir disposé sur la partie opposée à l'ouverture de la cloison précédente.

Digitized by Google

FILTRATION MÉCANIQUE

La filtration mécanique, ainsi que le travail au filtre-presse ont été décrits dans la première partie de l'ouvrage : nous ne nous y arrêterons donc pas.

Les filtres généralement employés en sucrerie de cannes sont les mêmes que ceux que nous avons décrits pour la sucrerie de betteraves.

Les filtres Philippe sont toujours très en faveur dans les usines qui soignent le travail d'épuration des jus. Le filtre à sable Raimbert commence également à se répandre ; il est surtout employé pour la filtration des sirops. Ce filtre a été notamment expérimenté à l'usine du Galion (Martinique). Dans cette usine, la batterie comprend 4 filtres pour la filtration des sirops, réchauffés à 98-100° C. après évaporation. La quantité de sirop à 28° B. à filtrer atteint, par 24 h., environ 650 hl. Le travail d'un seul filtre devrait donc être approximativement de 160 hl. ; mais, en réalité, il est bien supérieur à ce chiffre, car trois seulement des éléments de la batterie sont en action à la fois, le 4e étant en nettoyage ou en attente. A 1,5 m² par appareil, on obtient donc, avec une surface filtrante totale de 6 m², un résultat inconnu jusqu'alors en sucrerie de cannes.

En ayant le soin, au moment où l'on met un filtre en marche, d'en régler le débit presque à son minimum et de n'ouvrir ensuite que progressivement l'admission du sirop, on recueille un produit bien limpide dès le début du coulage.

Le séjour prolongé du sirop dans les filtres, qui est nécessité parfois par un arrêt accidentel de l'usine, ne paraît entraîner aucune altération du liquide. Même après 36 heures, les analyses d'un sirop faites, l'une au moment de l'arrêt, l'autre à la reprise du travail, ont donné des chiffres identiques. On attribue cette conservation au lavage toujours complet du sable.

En présence des résultats acquis avec les sirops, une expérience d'un puissant intérêt s'imposait : c'était de déterminer dans quelles conditions s'opérerait la filtration de vesou déféqué et non tiré au clair, pris au défécateur même, c'est-à-dire en supprimant l'usage du décanteur et, par suite, des filtres-presses ; un essai fut donc fait dans ce sens avec les 4 filtres ; les résultats ont été très encourageants.

L'auteur en déduit qu'une batterie de 12 à 15 filtres serait néces-

Digitized by Google

saire pour assurer, par 24 heures, la filtration de 5.000 hl. de vesou. Dans le cas où l'on filtrerait le vesou déjà débarrassé des écumes de chapeau et de fond, 5 filtres seulement seraient nécessaires.

Aux îles Hawaï, le sable siliceux a été la première matière employée. Mais, comme il est difficile de se procurer ce sable dans ce district, où le sol est d'origine volcanique, on lui a substitué dans certaines usines du sable calcaire (ce sable ne peut être employé dans les usines qui emploient l'acide sulfureux, car la chaux se combinerait partiellement avec lui pour former du sulfite de chaux). La chaux du sable corallin retiendrait, d'après M. S. Peck [1], 64,73 °/₀ de l'acide phosphorique, ce qui diminuerait d'autant les incrustations des caisses du triple-effet.

Actuellement, la plupart des usines d'Hawaï remplacent le sable par l'*excelsior*, fibre de bois analogue à celle dont on se sert pour l'emballage. Ce produit est léger, d'une manipulation facile, et donne toute satisfaction.

Les écumes sortant des défécateurs sont envoyées directement dans des bacs d'attente munis de serpentins, où elles sont réchauffées, puis elles sont prises par une pompe ou un monte-jus et envoyées dans des filtres-presses. Ces chaudières doivent être au nombre de deux, pour permettre de remplir l'une pendant que l'on chauffe, vide et nettoie l'autre.

La quantité d'écumes produites varie suivant la pureté du jus et le mode de travail ; une usine marchant avec un moulin fera moins d'écumes qu'une usine marchant avec la répression et l'imbibition. En général on fait 1 kg. à 1 kg. 200 d'écumes pour 100 kg. de cannes.

Il est nécessaire de passer les écumes le plus vite possible dans les filtres-presses car, ce jus en contact avec des matières très fermentescibles s'acidifie rapidement. En outre, il se forme à la partie supérieure du bac un chapeau excessivement dur que la pompe ne peut refouler.

Voici les résultats d'analyse de jus resté pendant quatre heures dans la même chaudière avant d'être filtré :

Alcalinité à l'arrivée	0,09	
» 1re heure	0,09	les écumes durcissent à la partie supérieure.
» 2e heure	0,04	
» 3e heure	jus acide	
» 4e heure	jus acide	

[1] Division of Agriculture and Chemistry, *Bull.*, n° 12.

Digitized by Google

Le jus très acide forme en passant à travers les tôles perforées des sels de fer qui colorent le jus en brun.

Les filtres-presses employés dans les colonies étant semblables à ceux décrits dans la première partie de cet ouvrage, nous y renverrons le lecteur.

On emploie généralement des filtres de 15 à 20 plateaux. Nous croyons que l'emploi des grands filtres de 50 cadres est une faute dans les colonies ; ces filtres mettent beaucoup de temps à se charger (quatre à six heures) ; les jus s'y refroidissent et s'y acidifient.

Les chiffres suivants relevés dans une usine montrent la marche décroissante de l'alcalinité des jus filtrés :

Commencement	1re heure	2e heure	3e heure	4e heure	5e heure	6e heure
0,09	0,10	0,08	0,03	acide	acide	acide
0,12	0,12	0,08	0,06	0,03	neutre	acide
0,10	0,09	0,07	0,05	0,02	acide	acide

Dans le 2e cas, on avait ajouté de la chaux en réchauffant les écumes. Dans le 3e, on réchauffait de temps en temps les écumes pour éviter le refroidissement.

Quelques usines se servent de bacs décanteurs munis de trois robinets placés diagonalement à 10 cm. les uns des autres, le premier étant situé à 15 cm. du fond pour éviter l'entraînement du précipité qui se trouve au fond.

Ce procédé, très recommandable dans les usines faibles en filtres-presses, ne doit pas faire rejeter complètement les autres.

On ajoute quelquefois, et à grand tort, de la chaux dans le bac réchauffeur pour empêcher l'acidification, ce qui a pour effet de produire des sels de chaux sans obvier au mal.

En principe, on ne doit jamais ajouter de chaux à un jus déjà défé-qué qui deviendrait acide ; il devra être immédiatement envoyé aux appareils d'évaporation, où le départ de l'acidité aura lieu sans le moindre danger.

On a essayé de mettre les écumes sur la bagasse avant la répression ; ce procédé est absolument irrationnel, car c'est remettre dans le jus normal la plus grande partie des impuretés que l'on a retirées à l'aide de la défécation.

Digitized by Google

PROCÉDÉ SPÉCIAL D'EXTRACTION DU JUS SUCRÉ CONTENU DANS LES ÉCUMES DE DÉFÉCATION

Pour extraire économiquement des écumes le jus sucré et le faire entrer directement dans le travail normal de l'usine, il est nécessaire de les travailler rapidement, et aussi chaudes que possible; on devra ensuite épurer les jus ainsi extraits, afin de les débarrasser des matières fines qu'ils tiennent en suspension et qui véhiculent les germes les plus actifs de fermentation.

Se basant sur des nombreuses expériences personnelles, l'ingénieur Philippe a établi un procédé économique de lavage des écumes et d'extraction du jus qu'elles renferment.

Les écumes sont recueillies dans une nochère collectrice N commune à tous les défécateurs ; de cette nochère elles se rendent par un tuyau A dans un malaxeur à écumes, système Philippe, où elles sont

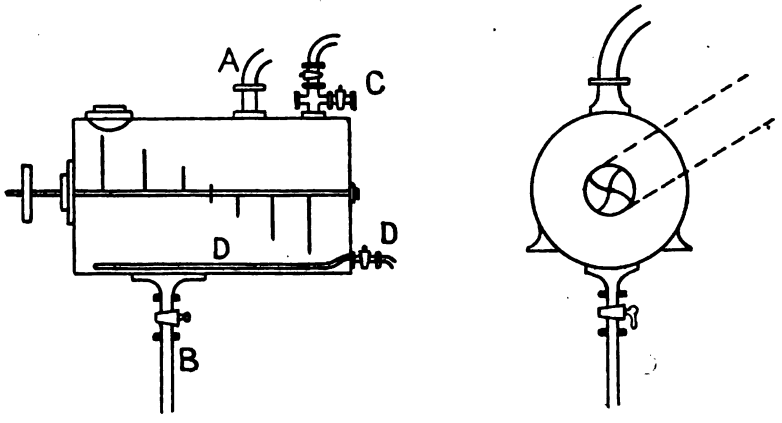


Fig. 372. — Malaxeur à écumes, système Philippe.

mélangées et malaxées à une température de 70-75° C., avec de l'eau chaude ou des petits jus provenant du lavage des tourteaux des opérations précédentes. Quand elles ont été malaxées au degré convenable, elles sont conduites par un tuyau D à l'aspiration d'une pompe à vapeur P, à action directe, qui les refoule par la tuyauterie C dans des filtres-presses où elles sont filtrées.

Le liquide extrait, qui est plus ou moins trouble, est ensuite filtré dans un filtre mécanique F du système Philippe, et le jus qui s'en écoule est conduit au réservoir à vesou, puis refoulé par la pompe du moulin dans les défécateurs où il subit une nouvelle défécation dans

Digitized by Google

le but d'empêcher le développement ultérieur de tout germe de fermentation.

Le croquis de la figure 372 montre la disposition du malaxeur sans en indiquer les détails et les particularités.

Il n'est pas inutile de dire un mot du travail de la pompe.

Cette pompe à écumes est double, et les deux corps ainsi que les deux pistons à écumes sont d'une disposition particulière. La vapeur

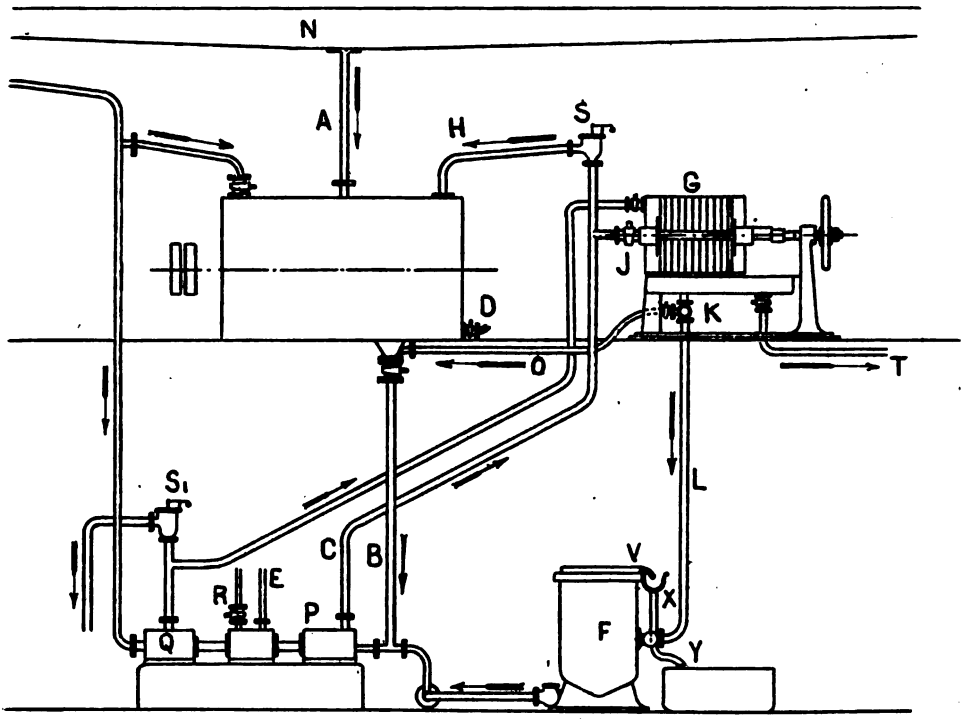


Fig. 373. — Ensemble d'installation du procédé d'épuisement des écumes, procédé Philippe.

qui a servi à l'actionner est évacuée au dehors par le tuyau E ou, ce qui est préférable, conduite dans le ballon des vapeurs d'échappement des machines pour servir aux divers réchauffages de l'usine.

Cette pompe doit marcher à une vitesse constante, que l'on règle par le robinet R d'introduction de la vapeur directe. La pression de refoulement des écumes peut être réglée à volonté au moyen de la soupape de sûreté S placée sur le tuyau de refoulement C. Lorsque, pour une cause quelconque, la pression de refoulement devient trop forte, la soupape se soulève et laisse écouler par le tuyau H dans le

Digitized by Google

malaxeur la quantité d'écume nécessaire pour ramener la pression au régime établi. Le tuyau de refoulement C est relié au filtre-presse par l'intermédiaire d'un robinet de réglage et d'introduction J.

Les tourteaux formés dans le filtre-presse sont finalement lavés à l'eau chaude ou par des petits jus dilués. A cet effet, on introduit dans le malaxeur vide d'écumes un de ces liquides par le tuyau L et le robinet M, et on le refoule dans le filtre-presse par le tuyau B, la pompe P et le tuyau C. Les petits jus obtenus sont recueillis dans la nochère collectrice K et conduits dans le malaxeur par le robinet T et le tuyau O ; ils servent, seuls ou additionnés d'eau, à malaxer de nouvelles quantités d'écumes.

Ce procédé de désucrage des tourteaux est avantageux et économique ; mais il doit être exécuté vivement et avec soin.

Pour en retirer tout le bénéfice qu'il comporte, on devra compléter la filtration dans les filtres-presses par l'installation d'un ou deux filtres mécaniques fonctionnant sous une faible charge, soit 2–3 m., afin d'obtenir un liquide parfaitement clair, car les filtres-presses seuls sont insuffisants pour la parfaite épuration de ces jus.

Composition des tourteaux de filtre-presse, d'après Prinsen-Geerligs.

	Défécation	Carbonatation simple	Double carbonatation la saturation	Double carbonatation 2e saturation
Eau	69,72	—	—	—
Sucre	10,20	3,90	10,10	8,10
Glucose	0,71	—	0,38	—
Cire	4,12	3,43	2,48	—
Albumine	1,80	2,55	2,72	—
Cellulose	—	3,08	6,10	0,50
Acides organiques	—	1,94	2,12	4,20
Gommes	—	1,11	1,20	—
Phosphate de chaux	2,92	—	—	—
Silice	0,37	8,48	1,85	0,64
Fer et alumine	1,40	2,41	4,66	0,51
Magnésie	0,22	—	—	—
Sable	2,82	2,48	4,37	—
Carbonate de calcium	—	67,94	61,94	85,01
» magnésium	—	1,80	1,21	—
Acide phosphorique	—	0,71	0,87	0,12
Indéterminé	5,35	0,17	—	0,82

La filtration des écumes présente parfois des difficultés, et il est impossible d'en obtenir un tourteau solide. Cet inconvénient se présente notamment quand on met en œuvre des cannes non arrivées à maturité. On y remédie en provoquant la formation dans les écumes

Digitized by Google

d'un précipité granuleux d'oxalate de chaux ; à cet effet, on y ajoute environ 1 % d'une solution saturée d'acide oxalique, puis une quantité de chaux suffisante pour obtenir une réaction alcaline. Un autre moyen réside dans l'emploi du kieselguhr.

Emploi des écumes de défécation pour l'alimentation du bétail. — A la Guadeloupe, en Espagne [1] et ailleurs les écumes sont fort recherchées pour la nourriture des animaux. « Il est en effet remarquable, dit Riffard, de suivre la transformation qui s'opère dès l'ouverture de la roulaison sur les mulets étiques ou les chevaux au poil terne. Nourris de cannes, dont l'échauffement est modéré par les débris de la canne, leur constitution gagne rapidement en force et ils fournissent une somme de travail considérable qu'on ne pourrait assurément exiger d'eux sans cet aliment.

« Aussi ce produit est-il avidement recherché par les habitations ; mais dans bien des usines, on le laisse perdre ou s'altérer par incurie et par défaut de soins pour l'abriter des eaux pluviales ».

Analyse des écumes de défécation du vesou de la canne à sucre

Matières organiques	Albuminoïdes (contenant azote 1,80)	11,70	
	Non azotées	19,80	
	Sucre	15,10	
	Folle bagasse, débris de cannes	39,00	85,60
Matières minérales	Chaux totale	6,18	
	Acide phosphorique	3,83	
	» silicique	2,84	
	Oxyde de fer	6,85	
	Acide carbonique	1,38	14,46
			100,00

Voici d'après Bonâme la composition immédiate des écumes :

		Moyenne
Humidité	53,80 à 70,95	60,85
Cellulose	2,29 » 6,94	5,08
Cendres	2,45 » 9,65	6,05
Matières azotées	2,26 » 4,68	3,37
Graisse	2,73 » 7,73	4,61
Sucre	1,35 » 8,47	4,75
Matières non azotées diverses		15,19
		100,00

Les cendres d'écumes sont remarquables par leur richesse en acide phosphorique ; cet élément est complètement éliminé des jus à l'état insoluble par la défécation. Les alcalis restent au contraire en disso-

[1] En Espagne, les contrats de transports de cannes prévoient que l'usine devra fournir une certaine quantité de tourteaux d'écume à chaque animal.

Digitized by Google

lution dans les vesous et passent ensuite dans les mélasses ; les cannes n'en contiennent qu'une quantité insignifiante.

Composition minérale des écumes (Bonâme).

Acide phosphorique	17,66
» sulfurique	2,54
Chlore	0,18
Chaux	31,56
Magnésie	2,35
Potasse	0,79
Soude	0,32
Oxyde de fer	7,45
Silice	23,78
Acide carbonique	13,37
	100,00

On voit que dans un pays comme Cuba, où l'on considère les écumes de filtre-presse comme une matière encombrante et sans valeur, on passe à côté de la fortune sans la ramasser, et que ce produit pourrait être donné avantageusement aux animaux ou porté dans les champs pour amender les terres.

Digitized by Google

CHAPITRE VIII

—

EVAPORATION — CUITE — BAS PRODUITS

EVAPORATION DES JUS

Les appareils du Père Labat consistant en une série de chaudières placées les unes à côté des autres, permettaient de déféquer le jus, et de le faire passer au fur et à mesure de sa concentration de l'une dans l'autre jusqu'à la dernière où se faisait la cuite.

C'est en partant de ce principe et en rendant cette suite d'opérations continues que M. Fryer a construit « le *Concretor.* »

Cet appareil a pour but de convertir le vesou en très peu de temps en une masse concrète renfermant le sucre et la mélasse.

Il consiste en trois parties principales, le plateau, le cylindre et le tambour (fig. 374 et 375).

Le plateau est placé aussi près que possible du moulin à cannes et reçoit le jus directement des rouleaux. Traversé par des nervures ou cloisons qui partent alternativement de chaque côté, et laissant un iutervalle du côté opposé, ce plateau n'est pas fondu d'une seule pièce, mais composé de différentes parties qui s'ajustent les unes contre les autres et qui, en cas d'accidents, peuvent se démonter et se remonter facilement.

Le plateau est légèrement incliné sur son axe de manière à ce que le jus reçu à la partie antérieure coulé en jet continu sur une faible épaisseur de compartiment en compartiment, en avant et en arrière, jusqu'à ce qu'il soit arrivé à l'extrémité de l'appareil. La longueur totale du trajet est d'environ 110 mètres.

Sous le plateau se trouve un fourneau et la flamme s'étend tout le long du fond en le léchant constamment.

Le temps mis par le vesou à franchir tous les compartiments est

Digitized by Google

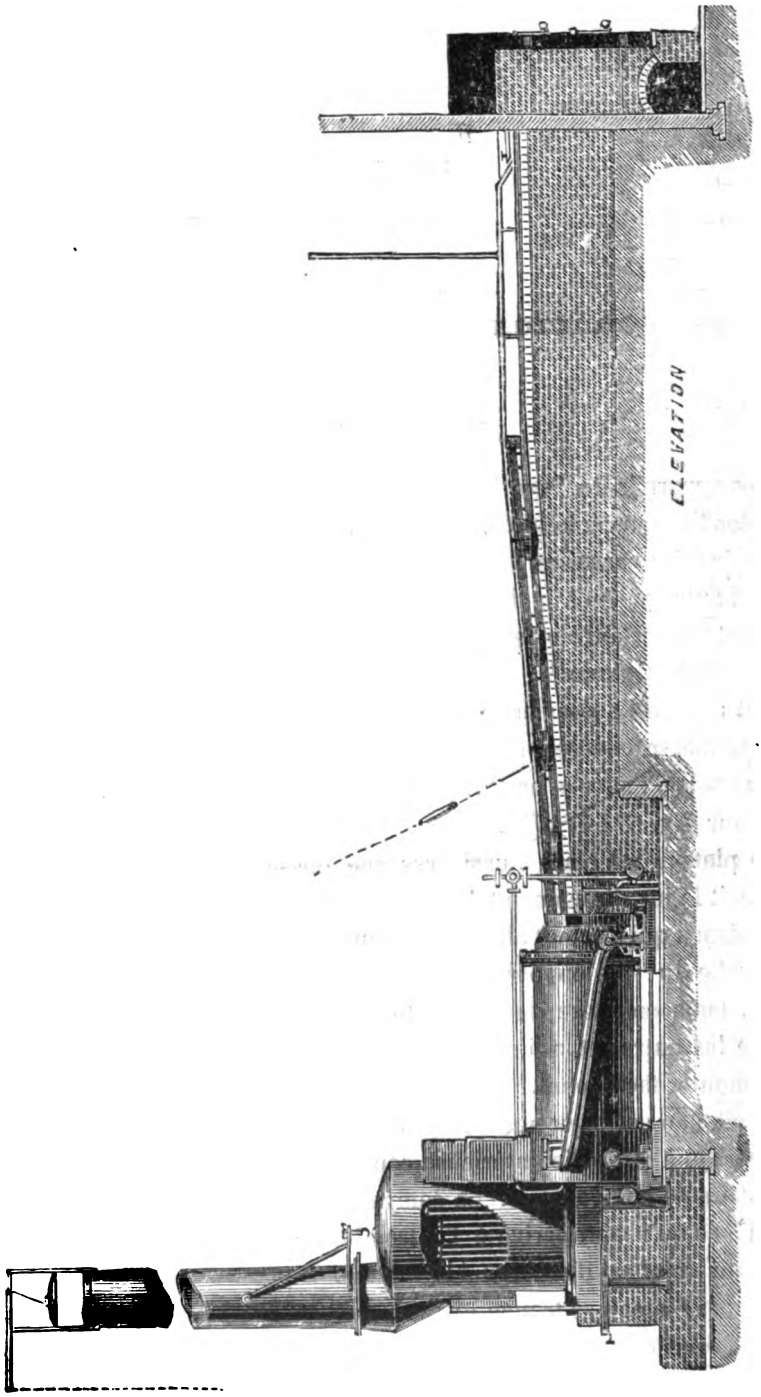


Fig. 374. — Ensemble des appareils Fryer pour l'évaporation des jus de cannes.

Digitized by Google

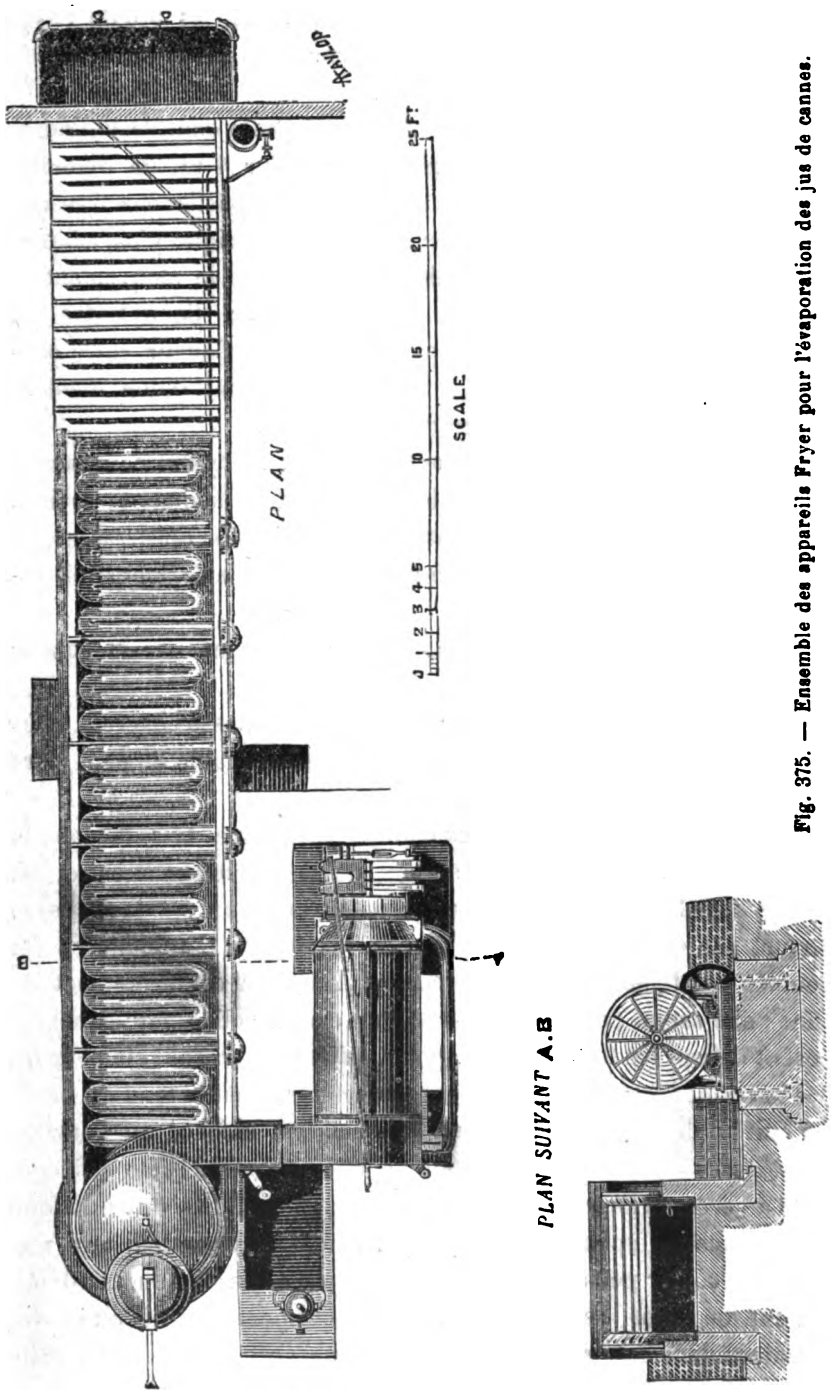


Fig. 375. — Ensemble des appareils Fryer pour l'évaporation des jus de cannes.

Digitized by Google

de 5 minutes environ, et dans cette courte période, les 5/6 de l'évaporation s'accomplissent et le jus commence à passer à l'état de sirop.

En quittant le plateau, le vesou concentré passe dans le cylindre.

Celui-ci est en cuivre, il a 7 m. de long sur 1 m. de diamètre environ, et tourne autour de son axe. Il est partiellement ouvert à ses extrémités, une étroite bague à rebord concentrique y est adaptée pour retenir le sirop dans la partie inférieure d'où le mouvement de la machine l'élève sur une très mince épaisseur. Ce cylindre est chauffé par la vapeur qui s'échappe du vesou. La liqueur entre continuellement dans le cylindre et en sort également d'une manière continue. L'évaporation est extrêmement rapide.

Après un séjour de quelques minutes dans le cylindre, le vesou concentré et à l'état de sirop est à l'abri de la fermentation, mais il contient encore une notable quantité d'eau. Pour l'en débarrasser, on lui fait subir une troisième opération dans la partie de l'appareil appelée tambour.

C'est un cylindre en fer chauffé intérieurement par la vapeur d'échappement.

Le sirop s'y transforme finalement en une masse concrète. Dès qu'il est refroidi, il acquiert une dureté remarquable et peut alors être emballé et expédié en sacs.

Le concret ne demande plus d'autre travail que le raffinage ; le sirop de travail ordinaire, en sortant de la chaudière à cuire, est amené dans la purgerie qui est un vaste bâtiment au rez-de-chaussée duquel une cave sert de réservoir aux mélasses. Cette citerne est doublée en plomb ou garnie de ciment. Son fond est légèrement incliné ; elle est en partie recouverte d'un massif solide sur lequel reposent debout les tonneaux à empoter. Ces tonneaux sont simplement des barriques à sucre vides et sans couvercles, dont le fond est percé de huit ou dix trous dans chacun desquels est enfoncé un bouchon qui dépasse d'environ 0 m. 20. On appelle *empotage* l'acte qui consiste à verser le sucre concret dans ces barriques. Les trous du fond et les bouchons spongieux qui y sont enfoncés permettent aux mélasses de couler peu à peu dans la citerne placée au-dessous. Ordinairement, on laisse le sucre de qualité moyenne pendant trois ou quatre semaines dans la purgerie. Celui dont le grain est gros et mou y reste un mois à six semaines. La purgerie doit être bien close et bien

Digitized by Google

chauffée, afin que la liquéfaction et l'écoulement des matières visqueuses s'opèrent bien.

Lorsqu'on veut avoir du sucre *terré*, on concentre davantage le sirop, et quand on a envoyé trois ou quatre cuites au rafraîchissoir, on les brasse afin d'obtenir un grain uniforme. Des ouvriers transvasent ensuite ce sucre chaud dans des vases coniques appelés « formes », qui sont en poterie grossière, et ont à leur extrémité un petit orifice que l'en bouche avec une cheville en bois enveloppée

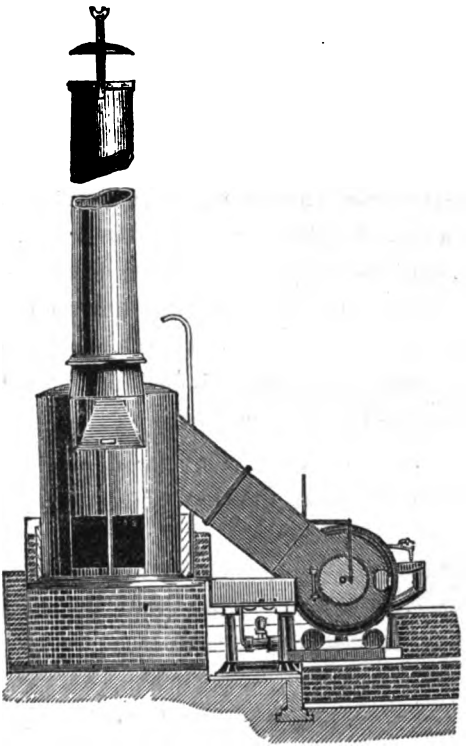


Fig. 376. — Ensemble des appareils Fryer pour l'évaporation des jus de cannes.

dans une feuille de maïs. On range ces formes la pointe en bas en les appuyant l'une contre l'autre. Comme la capacité des plus grandes est plus petite que celle des moindres barriques d'empotage et que le travail dure plusieurs semaines, il est nécessaire que les chambres à terrer soient très spacieuses. Quand le sirop est convenablement pris, ce qui a lieu ordinairement au bout de dix-huit à vingt heures, on ôte aux formes leurs tasses ou bouchons, et on les met chacune

Digitized by Google

sur un pot en terre pour les faire égoutter. Au bout de vingt heures, on remplace les pots pleins par des pots vides, et l'on porte la mélasse contenue dans les premiers dans la chambre de fermentation pour la fabrication du rhum.

On procède alors au terrage. Cette opération consiste à verser sur le sucre, à la base de la forme, une couche de terre argileuse délayée en bouillie un peu épaisse. L'eau qui se trouve dans la glaise, s'en échappe par une infiltration lente, et se répandant également dans toute la masse du sucre, entraîne avec elle le sirop visqueux qui s'y trouve, et qui est plus prompt à se dissoudre que les cristaux.

Quand la première couche de terre est entièrement sèche, on la remplace par une seconde, et souvent on en emploie une troisième, jusqu'à ce que le sucre soit assez blanc et assez purifié. Alors, on le fait sécher à l'étuve. puis l'ayant brisé par morceaux, on le réduit en poudre grossière et on l'embarque pour l'Europe [1].

Nous n'entrerons pas dans la description des appareils d'évaporation qui, employés en sucrerie de cannes comme en sucrerie de betteraves, ont été décrits dans le tome I de cet ouvrage ; nous nous contenterons de donner quelques indications sur l'outillage et le mode de procéder usités aux iles Hawaï.

PROCÉDÉS ET APPAREILS EMPLOYÉS AUX ÎLES HAWAÏ

Aux îles Hawaï, on emploie ordinairement des quadruples-effets, mais il existe aussi un grand nombre de triples-effets.

Dans les quadruples-effets, la première caisse reçoit de la vapeur à une pression d'environ 360 gr. par cm^2 ; il est rarement nécessaire d'aller jusqu'à une pression de 720 gr. On ne prélève aucune vapeur sur les caisses des évaporateurs pour les différents chauffages de l'usine ; on ne leur adjoint aucun réchauffeur.

La vapeur de la première caisse sert uniquement à chauffer la deuxième et ainsi de suite ; la vapeur de la quatrième caisse est condensée avec de l'eau froide à environ 22-25° C. et elle passe dans les eaux d'irrigation.

Les appareils d'évaporation les plus répandus sont les évaporateurs Lillie, dans lesquels le jus passe d'une caisse à l'autre à l'aide d'une

[1] CHARPENTIER. — *Le sucre.*

Digitized by Google

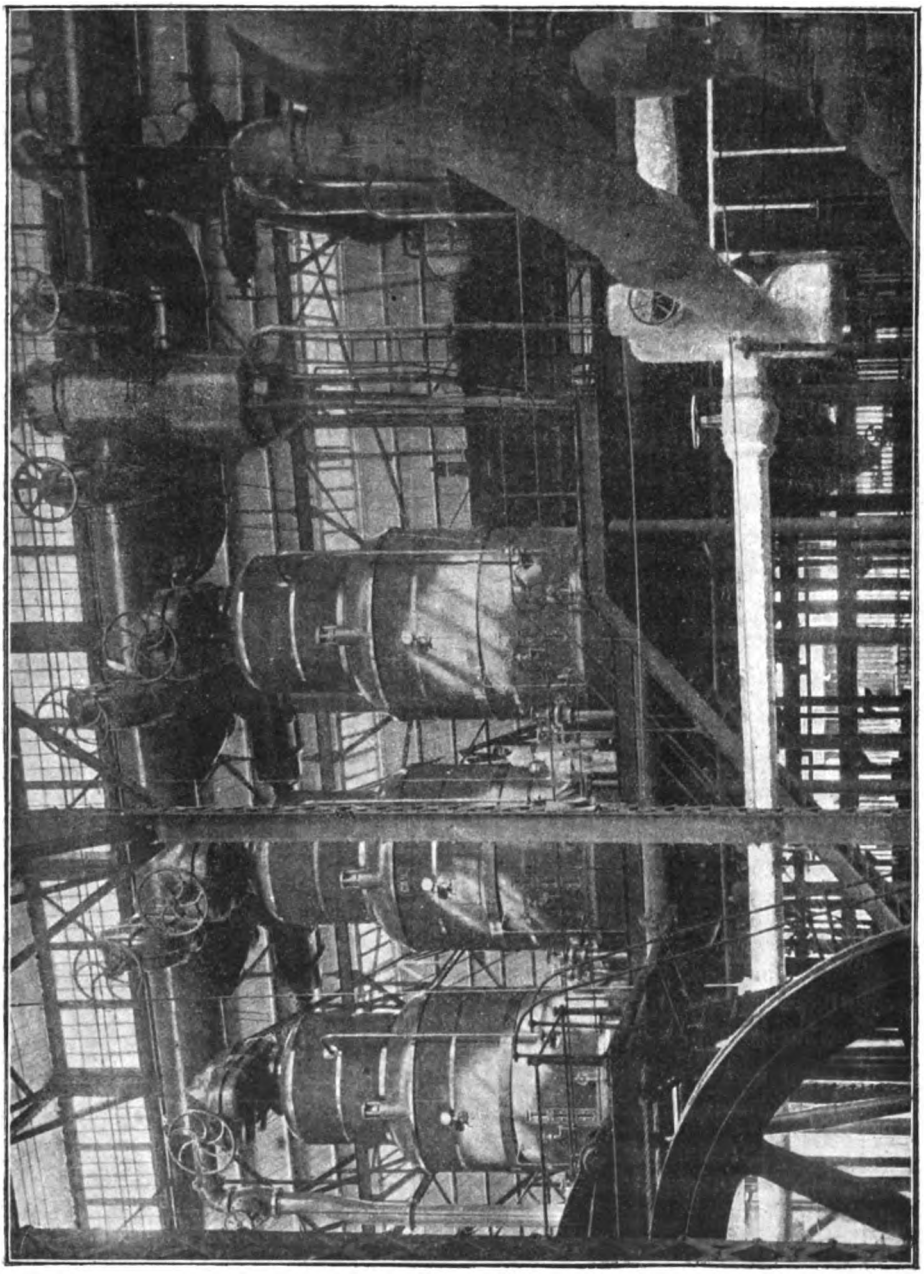


Fig. 377. — Appareils d'évaporation installés à Cuba par les anciens Etablissements Cail.

Digitized by Google

pompe ; on a soin de les prendre d'une puissance largement suffisante pour le travail à effectuer.

Le jus, qui pèse environ 7 à 8° B. à l'entrée, sort à une densité d'environ 29 à 32° B. ; ces densités sont données pour le jus ramené à 15° C.

Diamètre des différents tubes.

Tuyaux de prise et de sortie de vapeur de chaque caisse .	0 m. 90
Tuyaux d'injection d'eau.	0 » 10
Tuyaux d'évacuation de la vapeur	0 » 075

Les *eaux de condensation* sont extraites avec une pompe spéciale à chaque caisse ; on les utilise pour les générateurs et pour l'arrosage aux moulins ; le surplus est déversé dans les eaux d'irrigation.

On compte ordinairement que dans un quadruple-effet 1 kg. de vapeur évapore 3 kg. 80 d'eau. Le Yaryan de Makavéli atteint seulement 60 % de ce chiffre ; on compte encore 30 à 35 kg. d'eau évaporés par heure et par m² de surface de chauffe, tandis que le Yaryan précité donne seulement 20 kg.

Résultats constatées dans l'évaporation

	Quadruple effet Yaryan de Makavéli	Quadruple effet Lillie	Triple effet Koloa
Mètres carrés de surface de chauffe	1.071	833	395
Litres de jus traités par heure . .	27.240	28.465	24.606
Kg. d'eau évaporés par 100 kg. de jus	67,7	71,4	67,8
Litres d'eau évaporés par m² de surface de chauffe et par heure . .	17,2	23,0	42,2
Nombre de litres d'eau que devraient évaporer par heure les appareils d'après la formule de Dessin et qui est égal : mètre carré de surface de chauffe × chute de degrés C × 2,5	33.324	27.500	16 729
Ou par m² de surface de chauffe et par heure	31,1	31,1	42,3

Le *nettoyage* des multiples effets horizontaux est beaucoup plus difficile que celui des appareils verticaux.

Dans les nouvelles usines, comme à Puunène, construites en 1901 et à Oloa, on se sert de pompes à air sèches avec condensation barométrique ; dans les autres on se sert de pompes à air humides mues par la vapeur.

On a essayé de prévenir les dépôts dans les caisses à tubes verticaux en plaçant dans l'intérieur de ceux-ci des baguettes en bois de 8 mm. de section ; ces baguettes possèdent le double avantage de di-

Digitized by Google

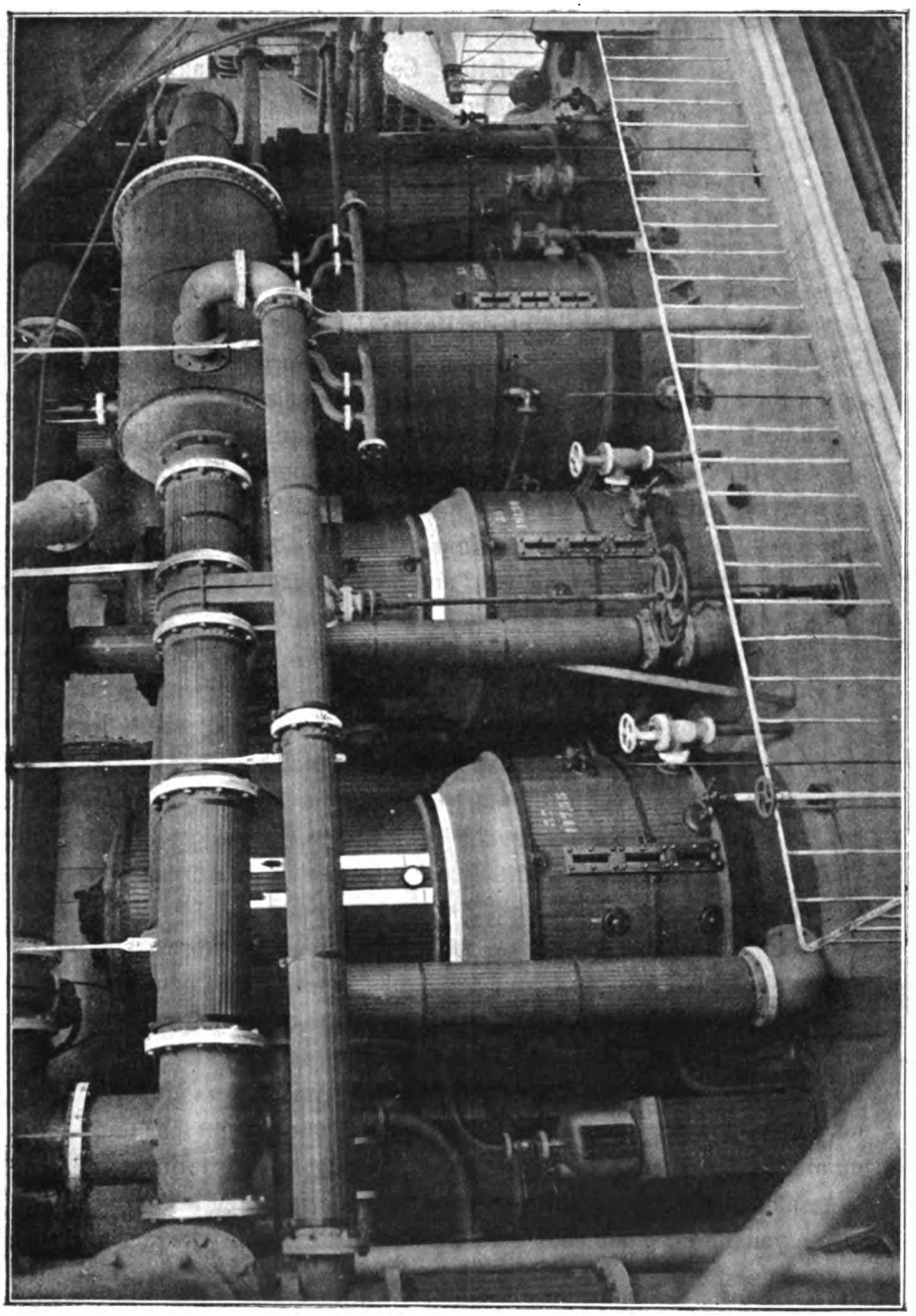


Fig. 378. — Appareils d'évaporation installés à Cuba par les anciens Etablissements Cail.

Digitized by Google

minuer le volume du jus passant le long d'une surface de chauffe donnée, et par leur rugosité de mieux arrêter les incrustations que les parois lisses des tubes en laiton. Ce moyen cependant n'exclut pas la nécessité de nettoyer de temps en temps les caisses en y faisant bouillir de la soude caustique et, après extraction de celle-ci, de bien laver la caisse avec une solution étendue et chauffée d'acide chlorhydrique ; après quoi on peut gratter efficacement les tubes.

« L'appareil d'évaporation à quadruple effet de Lillie est employé dans beaucoup d'usines modernes. Il présente des avantages et des inconvénients dit un fabricant de Hawaï (1). Sans doute, le nouvel évaporatenr à ruissellement constitue un grand progrès, et il n'y a rien à dire contre ce système et son fonctionnement automatique. Cependant, la prétention de l'inventeur sur la question de l'entraînement est à coup sûr exagérée. A certains moments, l'entraînement est très important et l'appareil, tel qu'il est installé, exige une attention constante à ce point de vue. Nous avons pu obtenir le maximum de rendement lorsque le jus était d'une grande pureté et bien reposé. Je crois néanmoins qu'on peut remédier à toutes ces difficultés ; nous projetons d'agrandir dans notre usine les tuyaux à vapeur et d'ajouter en plus une ou deux autres plaques de chicanes, spécialement dans les deux premiers corps. L'entraînement moyen de l'appareil, lorsqu'il marche à une pression de vapeur de 217 à 289 gr. par cm² dans le premier corps, était de 0,00001 à 0,0001 ; avec une pression de 362 gr. dans le premier corps, condition exigée par la Société Lillie, l'entraînement est monté de 0,00025 à 0,003 dans les eaux perdues ; notre moyenne a été d'environ 0.0003. »

Les appareils Lillie sont d'un nettoyage difficile et nécessitent de fréquentes réparations au bout de quelques années de service. L'usine de Puunène, qui avait 2 évaporateurs Lillie, a dû les remplacer en 1911 par un quadruple-effet unique, dont les sorties de vapeur sont doubles et vont en augmentant de la première caisse jusqu'à la dernière. Le chargement des jus se fait automatiquement par des régulateurs ouvrant et fermant les robinets selon le niveau du liquide.

Le nettoyage des tubes des évaporateurs se fait toutes les semaines au moyen de la soude caustique ou de l'acide chlorhydrique, ainsi que des grattoirs. On paie 5 fr. 25 l'enlèvement des incrustations de chaque caisse par un ouvrier. Quand on l'informe que l'évaporateur

(1) The Hawaïan Planters Monthly, 1901, p. 549. — Colson, p. 253.

Digitized by Google

est en état de fonctionner, l'ingénieur-mécanicien entre dans les colonnes muni d'une tringle de fer qui porte un mandrin dont le diamètre est sensiblement le même que celui de l'intérieur des tubes ; il l'introduit dans les tubes, et s'il rencontre de la résistance, la caisse est considérée comme mal nettoyée et l'ouvrier recommence.

A l'usine d'Onomea, M. de Villèle a vu un triple-effet dont la dernière caisse était munie d'un dispositif de Mayer et Arbuckles pour l'introduction des jus en pulvérisation, dans le but d'activer leur concentration ; c'est la seule usine où ce dispositif a été essayé. Le chimiste de l'usine a déclaré que sans cette modification apportée à l'unique évaporateur, on n'aurait pu finir la coupe des cannes dans des conditions normales, la récolte ayant été plus considérable et exigeant des appareils un supplément de travail.

Les fabricants de sucre des West Indies qui ont appliqué le procédé Mayer et Arbuckles en ont été très satisfaits, et reconnaissent qu'il augmente de 33 % la puissance des évaporateurs. Il est certain qu'il est plus économique que l'acquisition d'une nouvelle colonne dont la mise en place serait souvent impossible dans certaines vieilles usines.

INSCRUSTATIONS DES APPAREILS D'ÉVAPORATION

Les triples-effets s'incrustent facilement ; aussi doit-on nettoyer les appareils fréquemment. D'après Biard les dépôts des tubes sont formés en grande partie de phosphate de chaux.

Voici, d'après ce chimiste, la composition moyenne des dépôts des différentes caisses d'un quadruple-effet à la sucrerie de l'Alma (Ile Maurice).

	1e caisse	2e caisse	3e caisse	4e caisse
Humidité	18,06	17,47	19,88	21,23
Matières organ. et eau combinée.	20,40	17,89	14,76	13,68
Chlorure de potassium	0,47	0,40	0,53	0,60
Non dosé	2,02	3,20	3,87	3,37
Silice	2,47	1,54	1,26	10,78
Oxyde, fer et alumine.	1,60	2,68	1,35	1,98
Carbonate de chaux	3,49	5,10	4,98	2,73
Sulfate de chaux	4,54	6,59	8,20	14,37
Phosphate de chaux	40,86	43,32	44,87	31,22
Phosphate de magnésie	6,09	1,81	0,20	0,02
	100,00	100,00	100,00	100,00
Cuivre sur 1 échantillon	1,07	2,46	2,00	1,19

Digitized by Google

M. Pellet, de son côté, a analysé les dépôts provenant d'un vesou qui, après défécation, avait été traité par le superphosphate de chaux. Voici la composition de ce dépôt.

Eau	3,20
Matières volatiles	20,30
Acide sulfurique	30,11
» phosphorique	5,90
Silice	14,20
Chaux totale	23,31
Cuivre	0,72
Fer	0,09
Total	97,91

On voit que ces dépôts, variables suivant les cas, se composent pour la plus grande partie de phosphate de chaux, silice et alumine. Tous ces corps sont attaquables par le carbonate de soude ou l'acide chlorhydrique. H. Pellet recommande d'opérer comme suit pour désagréger les dépôts qu'ils forment : mettre dans la chaudière assez d'eau pour couvrir les tubes, ajouter à cette eau une quantité de carbonate de soude telle que la solution [marque 5° à 6° B., porter à l'ébullition, laver l'appareil avec de l'eau légèrement acidulée par l'acide chlorhydrique.

Le dépôt est alors suffisamment désagrégé pour pouvoir être enlevé sans l'emploi de la gratte. M. Biard a essayé ce procédé à la sucrerie Alma, mais en supprimant l'acide chlorhydrique ; il a fallu, dans ce cas, laisser tremper le dépôt dans la solution alcaline pendant 24 heures environ ; il sortait en crême, et l'on a pu nettoyer complètement les tubes du triple-effet sans avoir à les gratter.

D'un autre côté, Prinsen-Geerligs a publié un tableau très complet des incrustations produites dans les appareils d'évaporation.

M. H. Pellet fait suivre ce documen. (p. 573) des observations sui-

On voit que c'est d'abord le phosphate de chaux qui se dépose le vantes (1) : premier, et que la silice se retrouve plutôt dans les dernières caisses lorsqu'on épure les jus par défécation. Si, au contraire, on emploie la carbonatation, c'est le carbonate qui se dépose ; et si on sulfite, c'est le sulfite qui se précipite au début de l'évaporation des jus. On constate encore que l'oxalate de chaux se retrouve encore après la silice dans les dernières caisse. Il reste donc le plus longtemps so-

(1) H. Pellet. — *Bull. Ass.*, t. XXII, p. 1056.

Digitized by Google

Désignation	Composition des incrustations des diverses caisses des appareils à évaporer, les jus étant épurés par																
	La défécation ordinaire				La défécation avec beaucoup de chaux et saturation avec SO^2			La double carbonatation			La simple carbonatation			La défécation la carbonatation et la sulfitation combinées			
	I	II	III	IV	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	IV
Pertes au feu	22,28	25,97	31,62	39,91	24,35	30,63	33,58	9,65	15,33	30,76	34,58	40,63	42,25	27,66	32,67	25,30	39,74
Silice	5,64	14,26	41,75	18,45	2.14	2,83	40,32	12,03	42,09	42,40	24,91	38,99	14,22	1,20	2,80	2,00	2,80
Acide phosphorique	29,25	22,12	9,83	2,70	28,12	21,65	7,51	0,61	0,18	0,00	0,42	0,00	0,00	0,52	0,20	0,00	0,00
» sulfurique	1,90	2,31	0,45	0,26	7,92	5,48	2,36	1,13	0,81	0,27	0,38	0,00	0,00	0,61	0,32	0 10	0,00
» sulfureux	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,05	23,73	28,00	2,19
» carbonique	0,57	0,55	0,38	11,50	0,25	0,47	0,00	27,19	10,03	5,56	8,04	0,52	0,44	1,10	1,00	2,20	2,10
» oxalique	0,00	0,00	1,37	5,00	0.00	0,00	2,77	0,00	0,87	6,94	0,00	4,65	30,01	0,00	9,80	11,45	41,90
Peroxyde de fer	1,47	0,20	0,76	1,99	8,11	7,44	0,54	4,54	5,28	3,75	16,32	11,71	4,72	2,42	2,30	1,42	0,63
Alumine	0,30	0,39	0,13	0,81	0,00	0,00	0,00	6,50	10,09	1,32	0,86	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chaux	39,13	31,96	13,97	23,42	31,90	29,35	13,09	38,52	16,27	12,30	12,81	4,31	21,47	30,91	29,06	34,60	30,91
Azote	0,13	0,31	0,13	0,27	0,32	0,22	0,11	0,23	0,13	0,09	0,41	0,17	0,13	0,21	0,19	0,06	0,03
Matières grasses (pr l'éther)	0,71	0,84	0,19	0,47	1,45	0,46	0,53	0,66	0,59	0,52	0,93	0,40	0,16	1,02	0,62	0,12	0,18

Digitized by Google

luble et peut se déposer sous forme d'un précipité chargé de 70 à 80 °/₀ d'oxalate de chaux.

Un autre fait à noter, c'est que les jus traités par la carbonatation ne déposent que très peu d'acide phosphorique dans les tubes des appareils à évaporer. C'est une preuve que la carbonatation enlève la presque totalité de cet élément. M. H. Pellet explique ce fait : « En présence du sucre, une foule de substances restent solubles, même lorsqu'on neutralise le jus ou qu'on alcalinise légèrement le liquide par une addition de chaux. Ce sont principalement l'oxalate de chaux, le phosphate de chaux, le sulfate de chaux, la magnésie et la silice. Mais si l'on augmente l'alcalinité, comme cela se fait pour la carbonatation, on précipite une grande partie de ces substances, de sorte que les dépôts des appareils à évaporer en renferment peu. Après filtration, tous les corps qui restent alors en dissolution se déposent par concentration suivant leur degré de solubilité et constituent des incrustations de composition variable, qu'il faut traiter différemment pour les éliminer des appareils évaporer.

CUITE

L'appareil à cuire des sucreries de cannes est semblable en tout point aux appareils à cuire des sucreries de betteraves ; il comporte généralement deux jeux de robinets de vapeur accolés l'un à l'autre et permettant de cuire, soit avec la vapeur directe, soit avec la vapeur d'échappement qui est presque toujours en excès sur le travail du triple-effet.

APPLICATION A LA CUITE DES PROCÉDÉS D'ÉVAPORATION SYSTÈME PRACHE-BOUILLON (1)

Nous avons décrit sommairement au tome I, p. 542, l'appareil de compression de la vapeur, appelé thermo-compresseur, au moyen duquel MM. Prache et Bouillon ont pu résoudre d'une façon pratique le problème de l'utilisation de la vapeur sortant d'une caisse d'évaporation, en fournissant à cette vapeur, par la compression, un nombre suffisant de calories pour qu'elle puisse être employée de nouveau soit au chauffage d'autres liquides, soit au chauffage de l'appareil même dont elle est issue. Comme le thermo-compresseur commence à se propager dans l'industrie sucrière (on peut le voir

(1) Cf. Marcus. — *Journ. des fabr. de sucre*, 25 janvier 1911 et 13 mars 1912.

Digitized by Google

fonctionner à Saint-Leu d'Esserent, à Escaudœuvres, à Chevry-Cossigny, etc.), il nous paraît devoir intéresser également la sucrerie de cannes où il permettra de résoudre avantageusement la question du combustible en même temps que celle de l'évaporation économique des jus dilués par l'imbibition.

Tout en s'occupant de l'application du thermo-compresseur à diverses industries, MM. Prache et Bouillon ont été amenés à expérimenter pratiquement les meilleures conditions d'évaporation des liquides. Leurs travaux ont abouti à la création d'un nouvel évaporateur qui se recommande par l'économie de combustible, une grande simplicité de fonctionnement et d'entretien et un faible encombrement. Cet appareil se prête à des combinaisons nombreuses, car il peut fonctionner par auto-condensation, sans pompe et sans condenseur, pour la production d'eau distillée, pour la concentration des jus sucrés, du lait, etc. Il peut aussi devenir, comme préévaporateur et dans les mêmes conditions, un appareil d'évaporation à effets multiples.

Une des applications pratiques qu'il a déjà reçues en sucrerie consiste à lui faire utiliser les vapeurs des appareils à cuire, en le plaçant en dérivation entre ceux-ci et le condenseur. Une sucrerie peut ainsi récupérer gratuitement jusqu'à 200 kg. de vapeur par tonne de betteraves et s'en servir pour concentrer les sirops et en porter la totalité, par exemple, de 20° à 25° B., ce qui permet soit de diminuer la consommation de charbon, soit d'augmenter la puissance évaporatrice de l'usine.

Caisse d'évaporation, système Prache et Bouillon. — Elle comporte, en substance, une chambre de chauffe constituée par un faisceau tubulaire incliné sur l'horizontale, une chambre d'ébullition, un robinet d'entrée de sirop, un régulateur de niveau du sirop, une sortie de sirop, un tuyau d'arrivée de vapeur venant de la cuite, une conduite de vide vers le condenseur, un robinet de réglage pour la sortie des gaz incondensables, une sortie pour les vapeurs récupérées et condensées dans la chambre de chauffe.

La figure 379 permet de comprendre le fonctionnement du système. Les vapeurs provenant de la chambre d'ébullition A de la cuite se rendent dans la chambre de chauffe F du concentrateur, portent à l'ébullition le sirop contenu dans l'appareil et sortent, condensées, par le tuyau L. Le sirop entre dans le concentrateur par le robinet H

Digitized by Google

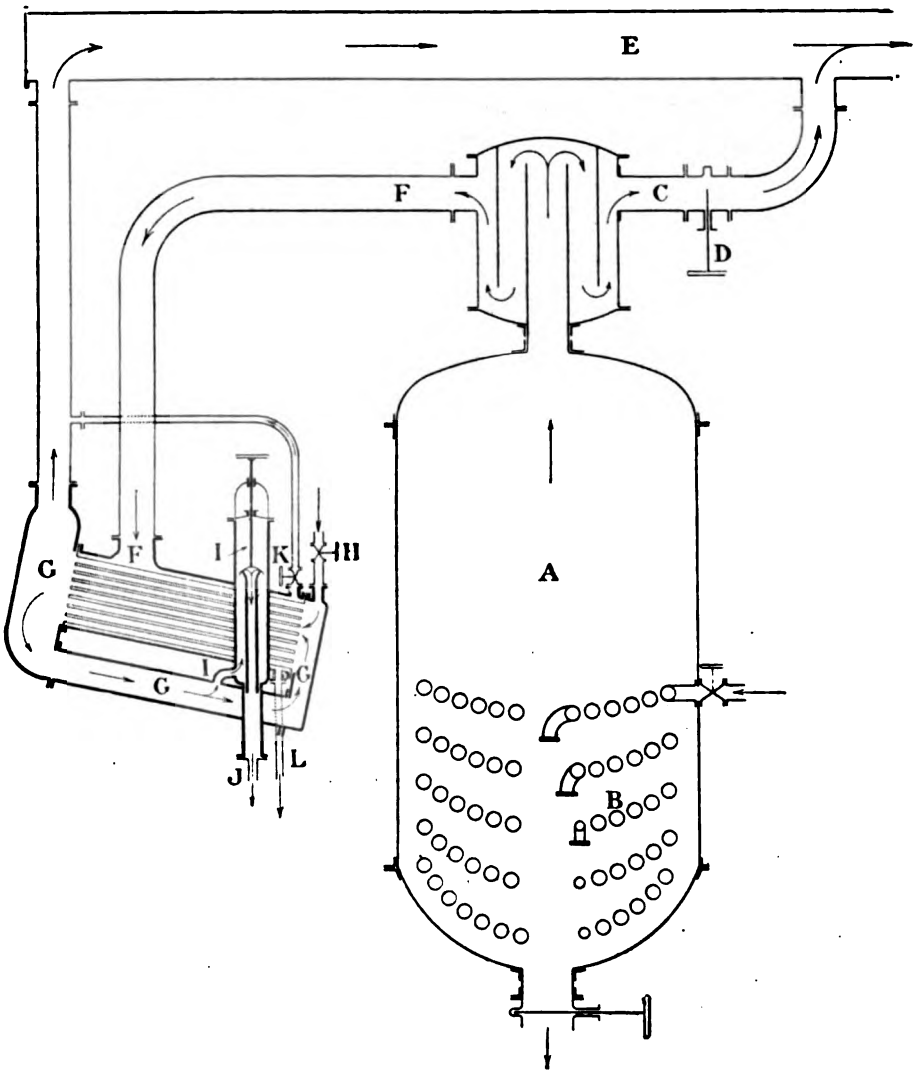


Fig. 379. — Schéma d'installation d'un concentrateur récupérant les vapeurs perdues d'un appareil à cuire dans le vide (système Prache et Bouillon, Paris).

LÉGENDE :

Appareil à cuire

A Chambre d'ébullition.
B Système de chauffage.
C Sortie des vapeurs vers le condenseur.
D Vanne de réglage pour la conduite de la cuite.

Récupérateur

F Chambre de chauffe de l'évaporateur (Récupérateur).
G Chambre d'ébullition de l'évaporateur.
H Robinet d'entrée du sirop
I Régulateur de niveau de sirop.
J Sortie du sirop concentré.
K Robinet des gaz incondensables.
L Sortie des vapeurs récupérées et condensées dans la chambre de chauffe.

E. Conduite de vide vers le condenseur ou la pompe à air humide.

Digitized by Google

et pénètre dans la chambre d'ébullition G qui est elle-même en communication avec le condenseur par le tuyau E ; le niveau du sirop dans l'appareil peut varier à volonté par la manœuvre du volant du régulateur I. Les gaz incondensables sont évacués par K.

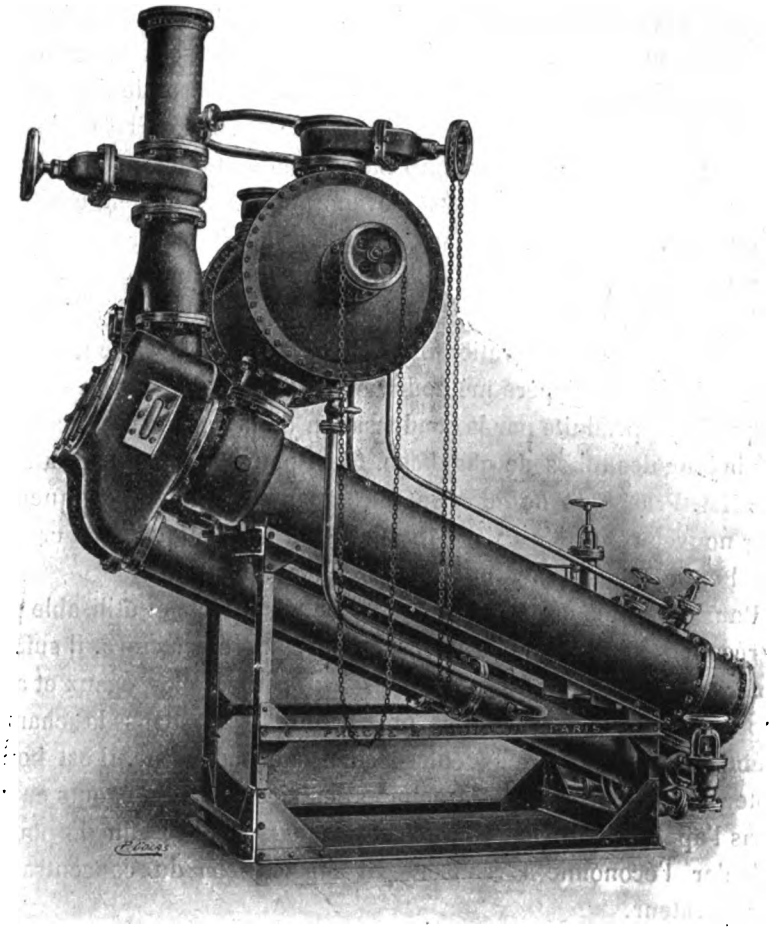


Fig. 380. — Vue de deux récupérateurs, système Prache et Bouillon.

Le système étant en marche, il existe entre la chambre de chauffe du concentrateur et la chambre d'ébullition de ce même appareil une chute de pression égale à la chute existant entre la chambre d'ébullition de la cuite et le vide du condenseur. Grâce à cette chute, toute la vapeur provenant de la chambre d'ébullition de la cuite, et qui se condense dans la chambre de chauffe du concentrateur, provoque

Digitized by Google

l'évaporation d'une égale quantité de vapeur dans la chambre d'ébullition du concentrateur.

Cette évaporation est obtenue gratuitement sans modifier quoi que ce soit dans la marche habituelle de l'appareil à cuire. Mais, comme la chute disponible dans la cuite est variable et peut devenir égale à O, il s'ensuit que l'utilisation du concentrateur sera d'autant plus efficace qu'il exigera une plus faible chute de pression pour son fonctionnement. Il est donc nécessaire que cet appareil possède une puissance évaporatoire beaucoup plus grande, toutes choses égales d'ailleurs, que celle des caisses d'évaporation actuellement connues ; il faut, par conséquent, qu'il soit établi en vue d'obtenir une circulation méthodique très intense du liquide sur la surface de chauffe, tout en n'employant à cet effet que le minimum de travail et, par suite, le minimum d'élévation du liquide ; il faut aussi que la circulation de la vapeur s'opère méthodiquement dans la chambre de chauffe et que l'eau produite par la condensation de la vapeur ne s'accumule pas le long des tubes de chauffage. C'est pour remplir ces conditions que MM. Prache et Bouillon ont été amenés à étudier pratiquement leur nouveau type de caisse tubulaire ; le modèle qu'ils ont créé répond entièrement aux données du problème.

Pour déterminer la chute de pression disponible et utilisable pour la récupération des vapeurs perdues des appareils à cuire, il suffit de noter pendant la durée d'une cuite, à des intervalles égaux et aussi rapprochés que possible, les pressions existant dans la chambre d'ébullition de l'appareil à cuire et dans le condenseur. Il est bon de noter aussi la densité et le volume des sirops et des égouts entrant dans l'appareil et le volume final de la masse cuite, afin de pouvoir calculer l'économie à réaliser par l'installation du concentrateur-récupérateur.

Ces données étant connues, nous en arrivons aux applications du concentrateur Prache et Bouillon.

La sucrerie de Seraucourt possède un quadruple-effet de 1.060 m² de surface de chauffe précédé d'un Pauly de 100 m². Ce Pauly admet de la vapeur vive ; la vapeur de jus qu'il produit est mélangée avec la vapeur d'échappement des machines de l'usine et sert au chauffage du premier corps. Bien que le rendement de cet appareil soit excellent, sa puissance est un peu faible pour l'augmentation de travail qu'on voulait obtenir dans l'usine.

Digitized by Google

L'atelier de cuisson comporte, pour le premier jet, une chaudière de 50 hl. dans laquelle se font les pieds de cuite et qui est chauffée au moyen de vapeur vive ; une cuite Freitag, à mouvement intérieur, de 210 hl. de capacité utile ; et une cuite Cail à serpentins, de même contenance ; ces deux dernières sont chauffées avec de la vapeur du premier corps du quadruple-effet.

Le concentrateur Prache et Bouillon, contruit par la Société de constructions mécaniques de Saint-Quentin, est placé derrière les appareils à cuire et près du quadruple-effet ; il se compose de 3 éléments cylindriques dont les faisceaux tubulaires comportent des tubes en laiton ; la surface de chauffe de chaque élément est 50 m², soit 150 m² pour l'ensemble des trois appareils.

L'élément n° 1 est chauffé par les vapeurs de l'appareil à pied de cuite ; le 2e et le 3e éléments reçoivent les vapeurs des deux cuites de 1er jet. Les chambres à sirop des trois éléments sont en communication par le bas. Le liquide y pénètre, sous l'aspiration du vide du condenseur, jusqu'à une hauteur que l'on peut varier à volonté au moyen d'un régulateur de niveau dont la coupe schématique est représentée en I de la figure. Ce dispositif très simple consiste en un tube de trop-plein qui s'emboîte dans le tuyau d'évacuation du sirop et que l'on peut élever ou abaisser verticalement en agissant sur un volant extérieur, suivant que l'on veut augmenter ou diminuer la hauteur du liquide dans les caisses.

Le sirop pénétrant dans le concentrateur par sa partie inférieure, entre en ébullition, s'élève dans des tubes sous l'action de la vapeur qu'il produit, arrive à la partie supérieure du faisceau tubulaire, d'où il sort sous la forme d'un liquide pulvérisé, est ramené au bas de la chambre d'ébullition par un tuyau parallèle au corps tubulaire, remonte à nouveau et décrit le même circuit jusqu'à ce qu'il arrive à l'orifice du tube de sortie.

Les vapeurs produites par l'ébullition du sirop se rassemblent dans un ballon horizontal, visible sur la fig. 380, et, après avoir traversé un dessucreur Van Ingelandt, se rendent au condenseur. Les eaux de retour sont extraites par une pompe Worthington. Le concentrateur fonctionne automatiquement, sans aucune surveillance de la part du cuiseur qui conduit sa cuite à la façon habituelle.

D'après les chiffres qui ont été donnés par M. E. Gallois, directeur de la sucrerie de Seraucourt, la densité moyenne des sirops, rame-

Digitized by Google

née à la température de 15° C., était de 27° 0 B. à l'entrée du concentrateur, et de 32° 7 B. à la sortie. La concentration, obtenue gratuitement, était donc, en moyenne, de 5° 7 B.

M. Saillard, directeur du laboratoire du Syndicat des fabricants de sucre de France, a suivi, à deux reprises différentes à la sucrerie de

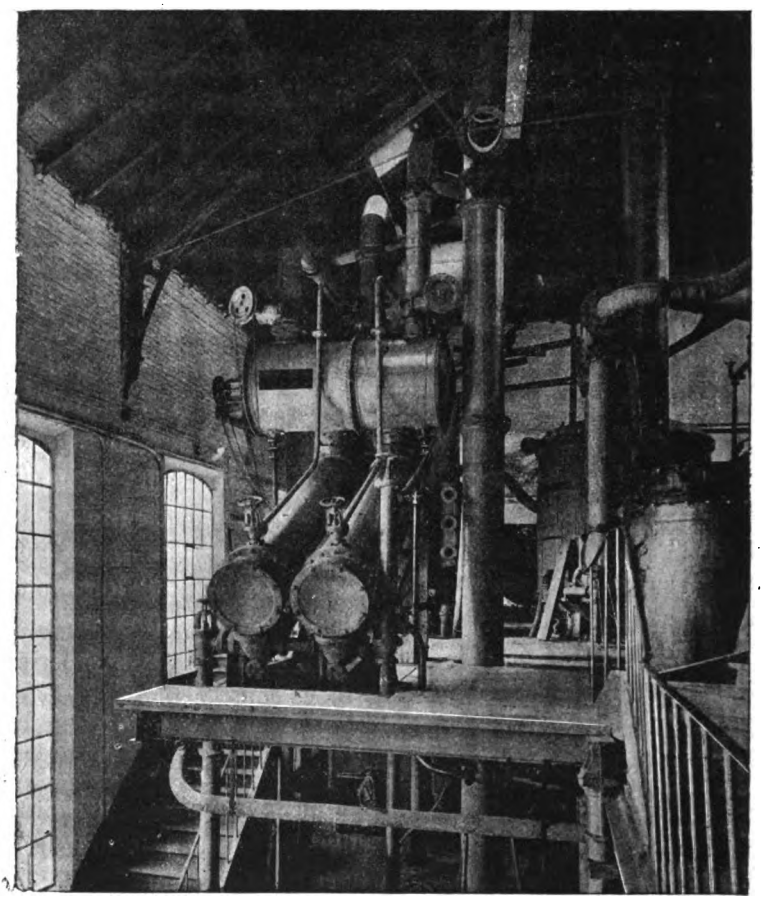


Fig. 381. — Vue de l'installation de deux récupérateurs des vapeurs perdues de deux appareils à cuire.

Provins, le fonctionnement d'un concentrateur Prache et Bouillon et s'est livré à toutes les mesures d'eaux condensées, de sirop, de pression, etc., indispensables en pareil cas. Il a rendu compte de ces essais de la façon la plus détaillée ; nous reproduirons les conclusions de son rapport.

Digitized by Google

Le concentrateur Prache et Bouillon, installé à Provins, est composé de deux éléments cylindriques placés parallèlement, l'un à côté de l'autre, et inclinés de 22° sur l'horizontale.

Les essais ont été faits les 4 et 14 novembre 1911 et ont donné lieu aux conclusions suivantes :

1° Le récupérateur Prache et Bouillon (ne pas confondre avec le thermo-compresseur) est une caisse d'évaporation à tubes inclinés, en laiton. Il a bien fonctionné à la sucrerie de Provins. Sa mise en route est facile et, en peu d'instants, on le met en marche-régime ; il peut servir à évaporer des demi-sirops, des sirops, etc. ;

2° La quantité d'eau évaporée par mètre carré-degré de chute-heure est restée à peu près la même pour les chutes de température de 11 à 20°, réalisées à partir de la température minimum de 55° (elle a été cependant un peu plus élevée pour les chutes les plus fortes entre 11° et 20°). Elle s'est élevée à environ 1 kg. 90 d'eau pour les chutes comprises entre 11° et 15°, et à environ 2 kg. 20 pour les chutes comprises entre 17° et 20°.

Au cours d'essais faits en 1893, Claassen avait trouvé pour le troisième corps d'un triple-effet ordinaire à caisses verticales (tubes en laiton) une vaporisation par mètre carré-degré de chute-heure de :

1 kg. 09 pour la chute 75° — 65° = 10°.
1 kg. 35 pour la chute 80° — 65° = 15°.
1 kg. 6 pour la chute 85° — 65° = 20°.

Le récupérateur Prache et Bouillon, de Provins, a donc donné un *rendement qui est à peu près* 1 *fois* 90 *plus élevé pour les chutes de* 10° *à* 15° et à peu près 1 fois 4 plus élevé pour les chutes comprises entre 17 et 20° (et encore ces chutes étaient réalisées sur une échelle de températures plus basse) que pour les essais d'Allemagne (condition plus difficile pour la rapidité de l'évaporation). Et on ne peut affirmer qu'on lui envoyait toute la vapeur qu'il aurait pu condenser surtout pour le premier essai ;

3° Dans les usines qui font sucre blanc et mélasse en deux jets la quantité de vapeur de cuite de premier jet qui va au condenseur est d'environ 130 à 150 kg. par tonne de betteraves. C'est à peu près la quantité d'eau qu'il faut enlever au sirop à 21-22° Baumé pour le transformer en sirop 30-31° Baumé ;

4° L'économie de charbon que peut donner le récupérateur, dans une usine qui n'utilise, directement ou indirectement, ni les vapeurs du dernier corps du multiple-effet, ni les vapeurs de cuite, est variable suivant que le multiple-effet est suffisant ou insuffisant pour produire des sirops à 30-31° Beaumé prêts à être cuits.

Digitized by Google

Quand l'usine ne peut produire que des sirops à 21-22° Baumé, l'évaporation qui se fait dans le récupérateur pour porter le sirop à 30-32° Baumé, est obtenue sans dépense de charbon et l'*économie* est, dans ce cas, 120 à 150 : 8,5 = 14 *à* 17 *kg. de charbon par tonne de betteraves*. Dans ce cas, les quantités de vapeur qui vont au condenseur de cuite restent les mêmes.

Quand l'usine peut produire, avec son multiple-effet, des sirops à 30-32° Baumé, prêts à être cuits, il faut, pour utiliser les vapeurs de cuite, ne pousser l'évaporation dans le multiple-effet que jusqu'à 21-22° Baumé. Dans ces conditions, l'économie de charbon dépend du nombre des effets de l'appareil d'évaporation, de l'installation des réchauffages, etc., etc. Pour la déterminer, il faut un calcul qui se rapporte à chaque cas particulier. Dans ce cas encore, les quantités de vapeur qui vont au condenseur de la cuite restent les mêmes par tonne de betteraves ; mais l'origine en est modifiée : à 1 kg. de vapeur produit dans l'appareil à cuire, se substitue à 1 kg. de vapeur produit dans le récupérateur. La quantité de vapeur qui va au condenseur du multiple-effet s'en trouve diminuée ;

5° La capacité utile du récupérateur de Provins se trouve augmentée par le tuyau de retour, qui a 0 m. 25 de diamètre ; mais il faut noter que les sirops contenus dans le tuyau de retour ne sont pas soumis au chauffage direct. D'ailleurs, quand il s'agit de caisses marchant sous le vide du condenseur, la durée de l'évaporation a moins d'importance que pour les premiers corps, marchant sous pression ou sous un faible vide. Dans un multiple-effet à caisses égales, les jus restent toujours plus longtemps dans les derniers corps que dans les premiers, parce qu'on obtient moins de sirop que de jus par 100 kg. de betteraves ;

6° Comme à Provins on ne faisait marcher qu'un élément (sur deux) et que les sirops en évaporation se répandaient néanmoins dans les deux éléments, la durée du séjour des sirops dans le récupérateur (11 à 14 minutes) était doublée par rapport à l'élément ; malgré cela, l'augmentation de coloration et la perte d'alcalinité pour 100 de sucre ont été insignifiantes ;

7° Il est plus facile d'utiliser toutes les vapeurs de cuite quand l'usine possède plusieurs appareils à cuire communiquant, chacun, avec un élément ou une caisse Prache et Bouillon, et que les heures de cuite chevauchent régulièrement l'une sur l'autre ;

8° La fabrique de Provins, avec son travail journalier de 300 à 350 tonnes de betteraves pourrait produire par jour environ 75.000 l. de sirop à 30° Baumé, soit 3.100 l. par heure. Cela correspond à une évaporation d'environ 1.500 kg. d'eau par heure pour faire passer les sirops, de 21-22° Baumé à 30-32° Baumé. Or, au cours des essais, nous avons obtenu, dans la chambre de chauffe du récupérateur, une condensation d'environ

Digitized by Google

1.100 l. d'eau par heure, et il faut noter que le récupérateur de Provins, qui se compose de deux éléments de chacun 35 m² 5 de surface de chauffe, ne marchait, pour les essais, qu'avec un élément.

Cela prouve que l'appareil a une surface de chauffe largement suffisante.

Au cours de son rapport, M. Saillard revient sur un sujet qui avait déjà été discuté par lui [1].

« La question s'est posée, ces derniers temps, écrit-il, de savoir si, entre les limites d'une chute totale déterminée, 112° — 55° par exemple, un triple-effet de 600 m² évapore plus ou moins d'eau qu'un quadruple-effet de 800 m² ou un sextuple-effet de 1.200 m². J'ai déjà discuté cette question et je n'en veux dire que deux mots à cette place.

« Les causes qui tendent à diminuer la quantité d'eau évaporée dans l'unité de temps, par l'appareil tout entier, sont les pertes de chaleur par rayonnement, les pertes de charge par la circulation de la vapeur dans les tuyaux, la diminution de la chute de température correspondant à chaque caisse. Celles qui tendent à l'augmenter, quand le nombre des effets augmente, sont l'élévation de la température moyenne, la diminution de la densité moyenne et par conséquent l'augmentation de la fluidité moyenne du liquide en ébullition.

« Comme la caisse Prache et Bouillon donne des rendements qui varient peu avec la chute de température, il n'est pas impossible que la multiplication des effets dans le sens où je viens de la préciser augmente la quantité d'eau évaporée dans l'unité de temps (avec la caisse Prache et Bouillon). »

Les essais conduits de la façon la plus méticuleuse sont venus corroborer les renseignements qui nous ont été fournis sur le nouvel évaporateur que nous venons de décrire.

RENTRÉE DES ÉGOUTS ET MÉLASSES SUR LA BAGASSE ET A LA CUITE

Dans le tome I de cet ouvrage, nous avons fait mention de la rentrée des égouts dans les jus, mais non de la rentrée dans la cuite des égouts de turbinage des masses cuites pour la production des masses cuites de 1er jet. Le manque d'espace nous a obligés à réserver cette question pour le présent tome II ; nous allons donc la traiter avec tous les développements qu'elle comporte. Mais, auparavant, il nous paraît nécessaire de revenir sur la question des rentrées de

[1] *Journ. des fabr. de sucre*, janvier 1912.

Digitized by Google

mélasses dans les jus, car pour la canne les conditions sont très différentes de celles de la betterave.

Rentrée des égouts et mélasses sur la bagasse. — Ces rentrées ont été pratiquées par Manoury en 1889-90 à la sucrerie de Constancia à Cuba. Les mélasses rentrées étaient diluées à 5 ou 6° Beaumé au moyen d'eau saturée de baryte. Comme on ne faisait rentrer à l'imbibition que 10 °/₀ d'eau pour ne pas avoir une bagasse trop humide, en raison du nombre des pressions qui était de 2 seulement pour chaque jeu de moulins, on se trouvait forcément limité pour la quantité de mélasse à rentrer sur la bagasse. De plus, avec 2 pressions sans défibreur, la bagasse sortant du premier moulin était incomplètement écrasée et n'absorbait qu'en partie la mélasse diluée. Dans ces conditions défectueuses le petit jus mélassé ne pouvait se mélanger au jus de la canne qu'en faible proportion, de sorte que lors de la 2e pression le jus restant dans la bagasse était plus pur que le jus extrait au 2e moulin. Aujourd'hui que l'on a des jeux de moulins très puissants avec défibreurs et trois, quatre et même cinq pressions, le procédé pratiqué pour la première fois à Constancia permet de réaliser la suppression totale de la mélasse et, par suite, d'obtenir une plus forte extraction du sucre de la canne.

Rentrée à la cuite des égouts de turbinage des 1ers jets. — Pendant cette même campagne 1889-90, Manoury commença à Constancia ses premiers essais de rentrés des égouts à la cuite.

Mais dans cette campagne 1889-90 la proportion des rentrées fut limitée à cause de la difficulté du turbinage des masses cuites, qui étaient reçues dans des petits bacs sur roues de 6 à 8 hl. Le refroidissement rapide faisait prendre les masses cuites en blocs compacts qu'il était difficile de mélanger aux clairces en vue du turbinage.

Dans l'intervalle des campagnes 1889-90 et 1890-91, Manoury remédia à ces inconvénients en faisant construire, par l'atelier de Constancia, trois malaxeurs délayeurs des masses cuites d'une capacité de 300 hl. chacun. De plus, il fit placer des barboteurs de vapeur puissants dans les bacs en charge sur les cuites, qui recevaient les égouts à rentrer, et des thermomètres qui permettaient de s'assurer que la température des égouts rentrants était toujours supérieure à celle de la cuite. Ces dispositions nouvelles assurèrent le succès des rentrées à la cuite, les masses cuites obtenues se turbinèrent facilement grâce aux égouts dilués que l'on ajoutait dans les malaxeurs pendant le re-

Digitized by Google

froidissement des masses cuites. Pour la campagne 1891-92, des dispositions furent prises pour utiliser les bacs roulants des premiers jets, devenus disponibles, au refroidissement des masses cuites de 2e jet, cela permit de les laisser plus longtemps en cristallisation et de mieux épuiser les mélasses. On s'organisa pour faire la fonte des sucres 2e jet dans les jus bouillants allant à l'évaporation et on ne produisit plus que du sucre 1er jet à 97-98° de polarisation. Grâce aux rentrées des mélasses diluées sur la bagasse sortant du 1er moulin, à la fonte des sucres 2e jet dans les jus allant à l'évaporation et à un meilleur épuisement des masses cuites 1er jet par les rentrées d'égout, Constancia put extraire 11,78 % de sucre en un jet unique de 97 à 98 % de polarisation comme moyenne de la campagne 1892-93. Ce résultat, dû aux perfectionnements énumérés, montrait donc une notable augmentation des rendements en sucre qui avant 1890 n'avaient été que de 9,50 à 10 % en 1er et 2e jets. Nous donnerons plus loin quelques renseignements pratiques pour la rentrée des égouts dans la cuite.

Rentrée à la cuite des égouts des 1ers jets en sucreries de betteraves et de cannes.— A la suite des résultats très satisfaisants obtenus à Constancia, Manoury commença en 1893 une série d'essais à la sucrerie de Brebières pour l'épuisement des masses cuites de premier jet. Les observations et résultats obtenus lors de ces essais furent mis au jour par le Brevet *sucre et mélasse* qu'il prit en 1894 et appliqua à la sucrerie de Gonesse. Son procédé différait de la cristallisation en mouvement en ce que celle-ci épuisait la masse cuite en dehors de la cuite, par un refroidissement dans les malaxeurs qui maintenaient la masse en mouvement. Le refroidissement diminuant la solubilité du sucre, celui-ci se déposait sur les cristaux existants au fur et à mesure de l'abaissement de la température.

Dans le Procédé *sucre et mélasse* au contraire on épuisait la masse cuite dans l'appareil à cuire par une rentrée calculée des égouts de turbinage ; on faisait rentrer d'abord tous les égouts riches ; puis, pour compléter l'épuisement, une quantité calculée d'égouts pauvres. On serrait alors la masse cuite pour ne laisser en dissolution dans l'eau-mère de cristallisation qu'une quantité de sucre qui, en présence du non sucre également dissous, lui donnât la composition de sa mélasse. On coulait cette masse cuite dans le malaxeur-refroidisseur afin de l'amener à la température convenable pour son turbi-

Digitized by Google

nage. Pendant le refroidissement il fallait augmenter la proportion d'eau dans la masse cuite, autrement il y aurait eu sursaturation et le turbinage serait devenu impossible. Pour cette raison, Manoury faisait ajouter de l'eau sous forme d'égouts dilués pendant le refroidissement dans le malaxeur refroidisseur, de façon à maintenir à la masse cuite la fluidité qu'elle possédait à sa sortie de la cuite. Il n'y avait de la sorte aucune cristallisation pendant le refroidissement ainsi que Manoury l'a souvent montré à Gonesse en ramenant la fluidité de la masse cuite dans le malaxeur par une simple addition d'eau au fur et à mesure que s'opérait le refroidissement. Manoury, à Gonesse, rentrait les égouts riches et les égouts pauvres tels qu'ils sortaient du turbinage ; il les faisait chauffer dans les bacs en charge sur l'appareil à cuire au moyen de barboteurs de vapeur. La condensation de la vapeur de chauffage était l'unique dilution donnée aux égouts, avec cette condition de ne les rentrer à la cuite qu'à une température supérieure à celle de la masse cuite. On évitait de la sorte la formation de grain fin, et la fluidité due à la température permettait aux cristaux existants de se mouvoir dans la masse et prendre le sucre de l'eau-mère au fur et à mesure qu'il se précipitait. Ce mode de faire était d'une grande simplicité et donnait le sucre cristallisable de la betterave avec le minimum de frais.

Par suite du relèvement des types commerciaux de sucre blanc, la pratique amena dans l'emploi des rentrées à la cuite les modifications que nous allons énumérer :

1° Les égouts rentrés furent dilués, additionnés de chaux, sulfités et filtrés avec ou sans addition de kieselguhr.

2° On procède à l'épuisement de l'eau-mère en faisant deux cuites, l'une de premier jet incomplètement épuisée et l'autre de 2e jet totalement épuisée. Dans ce mode de procéder, qui est à l'heure actuelle le plus employé, on rentre sur la cuite de 1er jet tous les égouts riches après dilution et sulfitation, et une faible quantité d'égouts pauvres également dilués, sulfités et filtrés. Une faible portion de la cuite est alors aspirée dans l'appareil à cuire les 2e jets pour servir de pied de cuite et le reste coulé dans les malaxeurs de 1er jet. On alimente le pied de cuite aspiré dans l'appareil de 2e jet au moyen d'égouts pauvres, préparés comme il est dit plus haut, et on coule la cuite terminée dans les malaxeurs de 2e jet où elle est refroidie et maintenue fluide par une addition de mélasse diluée. Le refroidissement étant

Digitized by Google

obtenu, en turbine la masse cuite de 2e jet en sucres roux qui sont fondus dans le jus de 2e carbonatation pour rentrer dans le travail général à l'évaporation.

Parmi les inventeurs qui ont le plus contribué à rendre pratique la rentrée des égouts, nous citerons tout particulièrement Ragot dont les malaxeurs refroidisseurs décrits dans le tome I sont en usage dans la majeure partie des sucreries. Par une série de recherches faites à la sucrerie centrale de Meaux, il est arrivé à y établir le travail décrit plus haut d'épuisement en cuite premier jet et 2e jet dans des conditions qui lui permettent de produire du sucre extra blanc pour la consommation et du sucre commercial n° 3.

L'exemple de Constancia et les perfectionnements apportés en Europe pour les rentrées d'égouts en sucrerie de betteraves ont porté leurs fruits dans tous les pays qui cultivent la canne à sucre. Aujourd'hui les rentrées d'égouts dans les cuites se sont généralisées et les sucreries qui ne les pratiquent pas sont l'exception. Nous donnons, à titre documentaire, la façon dont les grandes usines modernes de Cuba pratiquent les rentrées d'égouts pour la fabrication du sucre commercial à 95-96° de polarisation. La cuite des premiers jets est faite au moyen des sirops provenant de l'évaporation des jus de cannes clarifiés. La masse cuite de premier jet est préparée dans des appareils à cuire semblables à ceux que nous avons décrits dans notre premier volume et en suivant les mêmes prescriptions.

Lorsque la cuite de 1er jet est terminée, on casse le vide pour vider l'appareil dans un malaxeur ayant au moins la capacité de l'appareil à cuire. On refoule ensuite la masse cuite, soit au moyen d'une pompe, soit au moyen de l'air comprimé, dans les malaxeurs fermés des 1ers jets en charge sur le distributeur de masse cuite aux turbines des 1ers jets. On dispose des arrivées d'égouts de 1er jet tant dans les malaxeurs fermés que sur le distributeur de masse cuite. La cuite des 2es jets est faite sur un pied de cuite aspiré de l'appareil de cuite des 1ers jets ; ce pied de cuite est alimenté au moyen des égouts de turbinage des 1ers jets préalablement dilués, chauffés et clarifiés. Lorsque la cuite 2e jet est terminée, on vide l'appareil et la masse est refoulée, de la même façon que pour les 1ers jets, dans les malaxeurs fermés des 2es jets en charge sur le distributeur de masse cuite aux turbines des 2es jets. On prépare la masse cuite de 3e jet en aspirant dans l'appareil à cuire les 3es jets un pied de cuite provenant d'une masse

Digitized by Google

cuite de 2es jet, on alimente ce pied de cuite au moyen des égouts de turbinage des 2es jets préalablement dilués, chauffés et clarifiés. Tous les égouts de turbinage de la masse cuite 2e jet sont employés à la dilution des masses cuites 2e jet dans les malaxeurs ou à la préparation de la masse cuite 3e jet. Lorsqu'une masse cuite 3e jet est terminée, on vide l'appareil et on la refoule dans les malaxeurs fermés des 3es jets également en charge sur le distributeur de masse cuite aux turbines des 3es jets. Il est à remarquer que la masse cuite 3e jet est diluée dans les malaxeurs fermés avec des égouts de turbinage des 3es jets et que ces égouts, devant être de la mélasse, il y aura lieu de refroidir le plus possible les masses cuites 3e jet. Pour cette raison le nombre des malaxeurs des 3e jets est plus considérable que la somme des malaxeurs de 1er et de 2e jets qui peuvent être turbinés plus chauds.

Ceci dit, voici comment se fait le turbinage des 3 jets : Le sucre 3e jet est purgé dans des centrifuges à vidange par en dessous, les égouts se rendent au bac à mélasse et le sucre tombe dans un délayeur où il est malaxé avec des égouts de turbinage des 1ers jets. On obtient de la sorte une masse cuite qu'une pompe aspire et refoule dans le distributeur de masse cuite aux turbines de 1er jet où elle se mélange à la masse cuite de 1er jet et donne, avec cette dernière, au turbinage, des sucre 1er jet à haut titrage. La masse cuite 2e jet turbinée dans les turbines de 2e jet donne un sucre qui est mélangé aux sucres de 1er jet pour fournir du sucre commercial à 95-96 de polarisation. Les sucreries qui pratiquent ce travail avec soin arrivent à sortir couramment de la mélasse à 30° de pureté.

TRAVAIL DES MASSES CUITES AUX ÎLES HAWAÏ

Aux îles Hawaï le travail des masses cuites se fait de la manière suivante, d'après M. de Villèle :

Les masses cuites de 1er jet séjournent 24 heures dans les cristallisoirs, et celles de 2e jet 8 à 10 jours. La plupart des usines s'efforcent de faire le moins possible de bas produits ; il en est de même à Maurice. L'usine de Honaka (Hawaï) ne fait que du sucre n° 1 ; l'usine qui fait ensuite le moins de sucre 2e jet en a produit 9,75 % en 1910.

Les plus vieilles usines suivent actuellement l'exemple des plus modernes, bien que leur installation rende la chose plus difficile, en

Digitized by Google

adoptant les cristallisoirs ; mais alors le type diffère de celui qu'on voit à Wailuku et ailleurs, qui est de forme cylindrique et peut être hermétiquement clos. L'agitateur intérieur, en forme de spirale, touche presque toute la paroi du cylindre qu'une tuyauterie bien aménagée réchauffe et refroidit suivant les besoins. Les cristallisoirs employés dans les vieilles usines sont ouverts dans toute leur longueur.

C'est généralement dans l'appareil à cuire que se font les rentrées d'égout ; le cristalliseur n'est qu'un rafraîchisseur de la masse cuite au moyen du mouvement et qui nourrit de plus en plus le grain du sucre au détriment du sirop qui le baigne. Ces cristallisoirs sont réchauffés, grâce à la double enveloppe, au moment où la masse cuite y est chargée, pour éviter la formation du menu grain, par le contact de la masse cuite avec les parois du cristallisoir.

Quand on cuit des égouts de 1er jet, on introduit dans la masse en deux fois une livre de soude caustique qu'on a fait fondre préalablement dans 10 litres d'eau qui sont aspirés par le vide, comme quelques cuiseurs font pour l'hydrosulfite de soude. La soude vient prendre la place de la chaux dans les sels organiques, met la chaux en liberté et diminue dans une certaine mesure la viscosité des sirops. L'allure de la cuite est assurément moins lourde après l'introduction de la soude caustique. Grâce à la cristallisation en mouvement, le travail des usines ne se prolonge pas durant des semaines pour le travail des bas produits et leur turbinage. 70 heures après l'écrasement des cannes, tout le sucre est en sacs et la campagne est close.

Certaines usines qui n'ont pas encore de cristallisoirs ont des bacs d'empli pour les 3e et 4e jets. Au sortir des turbines, qui sont presque toutes du système Weston et placées généralement sous les cristallisoirs, le sucre va dans un dessiccateur Hersey à air chaud, puis il tombe dans les sacs qui se présentent à tour de rôle sous le fond conique de cet appareil ; on assure ainsi la conservation du sucre et on diminue les frais de transport.

TURBINAGE

Le turbinage s'effectue avec les turbines centrifuges décrites page 612 et suivantes du 1er volume.

Le sucre recueilli est emballé suivant les pays, dans des boucauts,

Digitized by Google

sorte de grands tonneaux contenant 6 à 800 kg. de sucre, à la Martinique et à la Guadeloupe ; dans des canastres, espèces de paniers de joncs contenant 50 ou 60 kg., à Maurice et dans les Indes.

A Cuba, dans le but d'économiser la main-d'œuvre, on se sert des turbines Hepworth, Weston-Cail, etc., qui permettent de décharger la turbine par en dessous. Le sucre en tombant soit sur une chaîne, soit dans un entonnoir, est entraîné vers un élévateur à godets qui l'élève à environ deux mètres du plancher, et le déverse dans un deuxième entonnoir qui le fait tomber dans un sac que l'on doit avoir soin de tenir toujours au-dessous.

EMBALLAGE

Les sacs sont généralement cousus à la machine. Il y a deux modèles de machines à coudre : une américaine et une anglaise. La seconde est généralement préférée (fournie par The sack filling and sewing machine Co, Tinewills, England). Dans quelques usines les balles de sucre aussitôt cousues sont mises en magasin par des élévateurs mécaniques mûs par l'électricité : deux hommes suffisent pour la manutention de 1.100 balles de sucre et leur chargement dans les wagons de chemins de fer. Il résulte de cette manutention une grande économie, et les sacs ne subissent aucune avarie. Les sacs de sucre emballés pèsent 56 kg. 62 chacun.

RENDEMENT ET MAIN-D'ŒUVRE AUX ILES HAWAÏ ET A L'ÎLE MAURICE

Les moyennes données ci-dessous pour Hawaï résultent du travail de 32 usines parmi lesquelles il y en a dont le sucre obtenu °/₀ de cannes est de 90,13 et de 90,29. Les chiffres relatifs à l'île Maurice proviennent de 12 usines, de celles qui travaillent certainement le mieux et donnent par conséquent une moyenne plus élevée qu'elle ne le serait si le contrôle chimique fonctionnait partout.

Il ressort de ces deux documents que l'extraction du sucre de canne par les moulins est meilleure aux îles Hawaï qu'à Maurice, et que les pertes sont plus élevées ici que là.

Le coût de la fabrication de 100 kg de sucre est de 5 fr. 68 à l'île Maurice, et de 2 fr. 54 aux iles Hawaï dans les usines d'importance moyenne, soit une différence de 127 °/₀ en faveur des sucreries hawaïennes. Cette différence provient des soins apportés à l'extraction du sucre, de l'économie de combustible et de main-d'œuvre.

Digitized by Google

Le personnel employé dans une sucrerie hawaïenne de moyenne importance comprend :

5 hommes alimentant le moulin,
1 homme enlevant les feuilles,
1 homme surveillant l'entrée des cannes et s'occupant de l'embrayage de la machinerie et de son entretien,
2 hommes au clarificateur,
1 homme au défécateur,
1 homme au triple-effet,
1 homme à la cuite et 1 aide,
4 hommes aux filtres-presses,
2 hommes au rafraîchisseur,
5 hommes au centrifuge,
5 hommes aux générateurs,
3 hommes à l'emballage du sucre,
1 homme pour marquer les sacs.

Soit 33 hommes en tout. Il est à remarquer que l'usine à laquelle sont empruntés ces chiffres se trouve dans des conditions défavorables pour la réception des cannes qui ne lui arrivent pas comme ailleurs par tramway ou par flume ; aussi occupe-t-elle 5 hommes au transporteur, quand avec un déchargeur Wick elle n'en emploierait que deux.

Tableau comparatif du contrôle chimique aux îles Hawaï et à l'île Maurice.

Hawaï

	1907	1908	1909	Moyenne
Sucre % dans la canne	13,79	14,03	14,30	14,03
Fibre % de la canne	12,28	12,37	12,46	12,37
Sucre dans la bagasse	3,61	3,63	3,65	3,63
Sucre % de canne dans la bagasse	0,81	0,90	0,89	0,87
Fibre dans la bagasse	49,15	49,19	49,48	49,19
Eau	45,66	45,05	45,54	45,42
Sucre % du jus 1er moulin		16,91	17,22	17,06
Sucre % de tourteau d'écume	2,69	2,72	2,25	2,55
Pureté du jus normal		88,28	88,62	88,48
Extraction % du sucre de la canne	93,45	93,55	93,69	93,56
Eau ajoutée % de jus normal	27,41	25,01	25,10	25,84
Mélasse % de canne		2,15	2,24	2,19
Sucre % de mélasse		36,19	36,29	36,21
Pureté réelle de la mélasse		44,03	43,74	43,87
Sucre pur emballé % de canne		12,28	12,23	12,25

Digitized by Google

Hawaï (suite)

	1908	1909	Moyenne
Sucre pur emballé % du sucre de la canne	86,25	85,76	86,00
Pureté du sucre	97,85	87,84	97,84
Sucre brut emballé % de canne	12,64	12,50	12,52
Sucre extractible % du sucre de la canne	90,93	91,29	91,11
Sucre du jus du 1er moulin % de fibre	43,68	42,84	43,26
Pertes totales % de la saccharose	13,75	14,24	13,99
Poids de la bagasse % de canne	24,80	25,43	25,11

Maurice

	1907	1908	1909	Moyenne
Sucre % de canne	13,77	13,54	13,46	13,59
Fibre				
Sucre dans la bagasse	4,96	4,73	4,73	4,80
Sucre % de canne dans la bagasse	1,34	1,32	1,24	1,30
Fibre % de bagasse				
Sucre % de tourteau				
Pureté du jus normal	86,61	87,15	85,95	86,57
Extraction % du sucre de la canne	90,26	90,25	70,78	90,42
Sucre % du jus du 1er moulin				
Jus % de la canne	76,36	75,54	77,34	76,41
Sucre brut emballé	10,83	10,94	10,79	10.85
Sucre pur % de canne	10,55	10,46	10,45	10,49
Sucre emballé % du sucre de la canne	76,61	77,25	77,63	77,18
Pertes totales	23,39	22,75	23,37	22,82
Eau du jus normal	18,29	20,29	17,89	18,82
Mélasse % de canne				
Sucre % de mélasse				
Pureté de la mélasse				
Sucre extractible % de sucre				
Sucre du jus du 1er moulin % de fibre				
Pertes totales % de la saccharose	23,64	24,46	22,17	23,59
Pertes de bagasses % de canne	27,01	27,90	25,83	26,91

LA DÉTÉRIORATION DES SUCRES EN MAGASIN

M. Noel Deer [1] a fait sur ce sujet des recherches dont il tire les conclusions suivantes :

1° Dans la grande majorité des cas, la détérioration du sucre et la diminution de la polarisation sont en relation avec l'activité bactérienne ;

2° Pour que l'activité bactérienne se développe, il faut une certaine humidité ; tant que la teneur en eau ne dépasse pas 1 %, cette action est faible.

[1] Noel Deer. — *Bull. 24 de la stat. exper. d'Hawaï.*

Digitized by Google

3° Dans les sucres d'Hawaï, on rencontre fréquemment quatre organismes distincts ;

4° Le pouvoir absorbant des sucres pour l'humiditié varie considérablement, et il paraît exister une relation entre la quantité d'eau absorbée et la teneur en chlorure ;

5° Les sucres, même séchés, peuvent reprendre de l'humidité et se détériorer. L'auteur conseille de conserver le sucre dans une enveloppe intérieure de papier pour le préserver contre l'humidité.

LA FABRICATION DU SUCRE BLANC A JAVA (1)

La fabrication du sucre blanc de plantation destiné à la consommation directe a fait de grands progrès à Java dans ces dernières années. Cette île produit actuellement plus d'un million de tonnes de sucre roux, dont 20 % environ sont transformés en sucre blanc.

Le sucre blanc de plantation est fabriqué sans raffinage et sans emploi du noir animal, car il est principalement destiné à être consommé aux Indes ; par suite, il doit être exempt de tout contact avec les matières animales, considérées comme impures par la religion hindoue. Aussi, le sucre ainsi fabriqué n'est-il pas de première blancheur et ne saurait être comparé au sucre raffiné. Malgré cela, il est très apprécié et sa consommation ne fait que s'étendre.

Les premières sucreries qui se sont occupées de la fabrication du sucre blanc à Java, en travaillant exclusivement pour la consommation locale, étaient bien outillées : on y trouvait des chaudières à carbonater, des fours à chaux, en un mot tous les appareils nécessaires pour épurer les jus par double carbonatation. Mais, ce procédé est très coûteux par suite des prix élevés du coke, de la pierre calcaire et de la main-d'œuvre qu'entraîne le travail du four à chaux. En outre, comme la carbonatation donne des jus très clairs, il est impossible d'en fabriquer du sucre roux pour le Japon et les Etats-Unis où les droits de douane sont plus élevés pour les sucres de couleur claire que pour ceux de couleur foncée.

Les fabricants Javanais se trouvaient donc dans l'alternative ou d'installer la carbonatation pour fabriquer du sucre blanc exclusivement, ou de continuer à épurer les jus par la défécation ordinaire pour ne faire que des sucres roux. La première solution les obligeait à installer un matériel coûteux qui, à un moment donné, pouvait de-

(1) D'après PRINSEN GEERLIGS. — *Bull. Ass.*, 1910, p. 941.

Digitized by Google

venir inutile par suite de l'instabilité des débouchés du sucre blanc ; la seconde les obligeait à piétiner sur place et à renoncer à l'exportation aux Indes.

Pour sortir de cette impasse on chercha une autre solution. On s'avisa d'épurer les jus d'une manière moins parfaite que par la carbonatation, en apportant à la défécation ordinaire quelques améliorations qui permettaient d'obtenir un sucre plus blanc. On eut d'abord recours au procédé Ranson qui fut bientôt abandonné parce qu'il ne rendait pas ce qu'il promettait ; ensuite on essaya toutes sortes de réactifs chimiques aussi secrets que coûteux et inutiles. On finit par y renoncer et on opère maintenant de la manière suivante :

Le jus de canne des moulins est chaulé à froid avec 5 à 6 l. de lait de chaux à 15° Baumé par 1.000 l. de jus ; puis on y introduit du gaz sulfureux obtenu par la combustion du soufre, de manière à neutraliser exactement la réaction alcaline, ce que l'on constate au moyen du papier à la phénolphtaléine. Ensuite on chauffe les jus jusqu'à l'ébullition et on les envoie dans des bacs à décantation. On laisse déposer, et lorsque le précipité est bien formé, on décante le jus clair et on l'envoie à l'évaporation ; on fait passer les écumes au filtre-presse et on mélange le jus qui s'en écoule avec le jus décanté.

On évapore le jus jusqu'à une densité de 50° Brix et on fait la cuite sans aucune rentrée d'égouts. Dans certains cas on soumet le sirop à une seconde sulfitation jusqu'à réaction faiblement acide ; dans d'autres on se contente d'une simple décantation. La cuite, sans refroidissement préalable, est turbiné dans des centrifuges ; on recueille l'égout qui s'en écoule, mais on a soin de ne pas laver les cristaux. Ensuite le sucre est malaxé avec du sirop et turbiné de nouveau dans une seconde série de centrifuges, où on le lave après séparation de la clairce. Le sucre ainsi obtenu est séché par un courant de vapeur sèche, refroidi à l'air, tamisé et mis en sacs. Les égouts riches, dont la pureté atteint souvent 85°, sont réunis dans le bac d'attente des jus concentrés et aspirés avec ceux-ci dans l'appareil à cuire.

L'égout pauvre est dilué, malaxé, au besoin sulfité de nouveau et cuit en grains. On serre fortement cette cuite, on fait couler la masse dans des cristallisoirs à mouvement, on la fait refroidir lentement et on la dilue avec de l'eau si elle devient trop épaisse pour être agitée convenablement. Après refroidissement complet, on la turbine sans

Digitized by Google

laver le sucre. L'égout obtenu dans cette opération est la mélasse épuisée, qui ne rentre plus dans la fabrication. Le sucre non lavé, qui contient une forte proportion de mélasse adhérente, est traité de différentes manières : certains fabricants le vendent tel quel comme sucre de mélasse, tandis que d'autres le mélangent avec la masse cuite de premier jet dans les cristallisoirs. Le sucre se trouve ainsi lavé par l'égout riche de cette masse cuite et subit une première épuration sans dissolution du sucre cristallisé. Comme nous venons de le faire observer, ce mélange de masse cuite et de sucre est turbiné deux fois, d'abord pour enlever l'égout de 1er jet, ensuite après malaxage du sucre turbiné avec la clairce. Il s'en suit que le sucre 1er jet est turbiné deux fois, et celui du second jet jusqu'à trois fois. Le résultat final se résume en la séparation du sirop initial en une seule qualité de sucre blanc, et une mélasse épuisée d'environ 30 de pureté. Toute la fabrication se fait sans rentrée d'égouts, de sucre de second jet ou de bas-produits, et ce travail s'effectue sans grandes pertes indéterminées qui viendraient neutraliser les avantages que procure le fait d'obtenir tout le produit sous forme de sucre blanc au lieu de sucre roux.

Si le sucre obtenu n'a pas la blancheur voulue, on décolore le sirop dans le vide à l'aide de l'hydrosulfite de soude, et on asperge le sucre dans les turbines d'un peu de bleu d'outremer pour lui donner un aspect plus avenant.

La qualité du sucre produit d'après cette méthode ne diffère en rien de celle du sucre obtenu par l'emploi de la carbonatation ; il est aussi blanc et conserve sa blancheur durant le même temps. Enfin, la sulfitation présente l'avantage d'être d'une extrême simplicité et de ne pas exiger un outillage compliqué.

L'adoption de cette méthode permet au fabricant de conserver son installation pour la fabrication du sucre brut ; il n'a qu'à y ajouter un four à soufre avec la tuyauterie nécessaire et quelques centrifuges pour faire du sucre blanc. De cette manière, il peut orienter sa fabrication suivant les caprices du marché sans modifier sensiblement son outillage.

Digitized by Google

CHAPITRE IX

—

LES COMBUSTIBLES ET LA VAPEUR EN SUCRERIE DE CANNES

VALEUR CALORIFIQUE DES COMBUSTIBLES

Les combustibles employés en sucrerie de cannes sont : la bagasse, les feuilles de cannes, la mélasse, le bois et le charbon. La valeur calorifique de ces matières a été déterminée par différents chimistes. Le Prof. Hogenwerf a obtenu les nombres suivants :

Produits	Cendres	Eau	Nombre de calories dégagées par kg. de		
			matière non sèche	matière sèche	matière organique sèche et pure
Feuilles de cannes . .	14,14	12,61	3807	4356	5073
Bagasse I	2,42	10,21	4326	4818	4937
» II	2,47	11,06	4128	4641	4756
Mélasse.	9,28	19,40	2953	3664	4039
Bois (Djati)	1,00	11,51	4518	5106	5158

MM. Konig et Bienfait ont donné de leur côté les résultats ci-après :

Produits	Cendres	Eau	Nombre de calories dégagées par kg. de		
			matière tout venant	matière sèche	matière organique pure
Feuilles de cannes. . .	12,03	10,46	3685	4115	4687
Bagasse I	1,85	9,12	4270	4700	4789
» II.	2,05	9,60	4215	4660	4755
Spoeling (bagasse folle).	13,93	33,14	2432	3638	4602
Vieux bois	1,06	9,58	4508	4975	5028
Jeune bois	1,25	29,41	3304	4680	4739

Digitized by Google

On voit que ces résultats sont très sensiblement d'accord.

Parmi ces combustibles la bagasse est de beaucoup le plus important et doit, par conséquent, attirer tout d'abord notre attention.

LA BAGASSE

La bagasse sortant des moulins contient en moyenne 46 % de ligneux, 4 % de saccharose et 50 % d'humidité ; sa composition varie suivant l'énergie de la pression et la dureté de la fibre de la canne. Dans ces conditions, elle suffit le plus souvent pour produire la quantité de vapeur nécessaire à l'actionnement des machines et à l'évaporation des jus sucrés. Mais, lorsque les chaudières sont insuffisantes, qu'on extrait les jus par diffusion ou qu'on fabrique du sucre blanc qui exige plus de manipulations et par conséquent plus de vapeur, elle devient insuffisante pour assurer la marche de l'usine et l'on est obligé d'y suppléer par d'autres combustibles, tels que les feuilles de cannes, la mélasse, le bois ou le charbon.

En outre, la valeur calorifique de la bagasse varie suivant son degré d'humidité et le degré d'extraction du sucre. Nous allons donc étudier ce résidu pour les différents cas qui peuvent se présenter, et qui ont été mis en lumière dans un mémoire très substantiel publié par M. H. Pellet [1], que nous suivrons dans son exposé.

Quantité de bagasse obtenue. — Il est évident que plus on extrait de sucre de la canne, moins on obtient de bagasse pour 100 kg. de cannes. Prenons les deux cas extrêmes (la double pression sèche et la diffusion) en nous basant sur une teneur en ligneux de 10 %. L'extraction par double pression sèche, avec une perte de 3 % de sucre, donne 27 à 28 % de bagasse contenant 11 % de sucre, 50 % d'eau et 36 à 37 % de ligneux. On aura donc 13 kg. 6 de bagasse sèche % kg. de cannes et pour une quantité de jus variant de 60 à 65 l., soit 20 % de combustible sec pour 100 l., de jus denses.

La diffusion directe de la canne, en admettant un soutirage moyen de 100 l. et une perte de 0,5 % de sucre, donnera 10 kg. 6 environ de bagasse sèche, soit 10 kg. 6 environ de matière sèche à brûler pour 100 l. de jus dilué, de telle sorte qu'on a :

Par la double pression sèche 13 k. 6 de combustible sec pour 55 l. d'eau à évaporer.

(1) H. Pellet. — *Bullet. Ass*, juin 1907, pp. 1640 et suiv.

Digitized by Google

Par la diffusion 10 kg. 6 de combustible sec pour environ 90 l. d'eau à évaporer.

On aura donc pour 100 l. d'eau à évaporer : avec la double pression sèche 25 à 35 kg. de combustible sec ; avec la diffusion directe de la canne 12 à 13 kg. de combustible sec. Dans le premier cas, le combustible bagasse sera en excès ; dans le second il sera insuffisant.

Par conséquent, suivant les procédés adoptés, la quantité de bagasse sera en excès, suffisante ou insuffisante pour la marche normale de l'usine et la quantité de sucre produite. Bien plus, pour une même installation on aura des écarts sensibles dans la dépense de combustible pour une même canne suivant le système des générateurs, la rapidité et la conduite du travail, la nature des appareils d'évaporation, le mode d'emploi de la bagasse, etc. C'est ce qui explique pourquoi des usines qui ont absolument la même installation ont besoin de quantités variables de combustible additionnel.

Si à cela on ajoute la variation de la quantité de ligneux contenu dans la canne, qui peut aller de 9,5 à 14,8 (moyenne d'une fabrication à Java en 1906) ; enfin, si l'on fait intervenir la richesse de la canne, qui peut varier du simple au double (9 à 18 %) et la pureté des jus, qui peut également varier de 75 à 95, on ne doit pas s'étonner de la variation du prix de la main-d'œuvre et de la dépense de combustible par sac de sucre produit, ramené à la même qualité. Enfin, on s'explique aussi les différences de rendement en sucre allant de 5 à 15 % par % kg. de cannes, de sorte qu'il est absolument impossible d'établir des chiffres applicables à tous les cas. La quantité de mélasse est également très différente suivant le mode d'extraction et la quantité de sucre produit : on en a obtenu depuis 13 kg. par t. jusqu'à 45 kg.

A quel degré d'humidité doit-on brûler la bagasse pour en obtenir le maximum de chaleur ? — Quoique l'on puisse, avec des fours spéciaux à tirage forcé, brûler de la bagasse à plus de 50 % d'eau et en obtenir un effet utile satisfaisant, les praticiens sont d'accord pour reconnaître qu'il est préférable d'avoir de la bagasse à 30-35 % d'eau. Pour l'amener à ce degré de siccité, il est nécessaire de la sécher soit en l'exposant en couche mince aux rayons du soleil, soit au moyen des chaleurs perdues des gaz de la cheminée. La dessiccation au soleil ne peut être pratiquée que dans certains pays où les pluies sont rares et la main-d'œuvre bon marché.

Digitized by Google

Dans bien des cas on brûle de la bagasse verte à 50 % d'eau. A-t-on intérêt à le faire ? Les avis sont partagés à ce sujet. Il est certain que si l'on brûle 100 kg. de bagasse à 50 % d'eau au lieu de 30 %, on aura à évaporer 20 kg. d'eau en plus. Or, on sait que pour transformer 1 kg. d'eau en vapeur, il faut 537 calories, soit pour 20 kg. d'eau 20 × 537 = 10.740 calories qui seront fournies par la combustion de 1 kg. 37 de houille de bonne qualité produisant 7.800 calories par kg. ou 3 kg. 500 de bagasse à 30 % d'eau.

Cependant, des essais pratiques ont démontré que la vaporisation de l'eau contenue dans la bagasse exige une quantité de calories moindre que celle indiquée par la théorie. On explique cette différence en affirmant que l'eau de la bagasse est vaporisée à l'état vésiculaire, et que cette vaporisation, facilitée encore par une dépression plus ou moins considérable, n'absorberait que la quantité de chaleur nécessaire pour donner à l'eau la température des gaz de la cheminée, c'est-à-dire pour la porter de 12-13-18° à 200 ou 250°.

D'après des expériences de M. Burnel, il faudrait, pour faire l'équivalent de 1 kg. de charbon de bonne qualité, les quantités suivantes de bagasse à différentes teneurs en eau :

Eau %	Quantité de bagasse pour 1 kg. de charbon	Teneur en matière sèche
0	1,68	1,68
20	2,18	1,74
30	2,56	1,79
40	3,10	1,86
50	3,93	1,95
60	5,41	2,16
70	8,44	2,53
75	11,90	2,97

On voit que pour de la bagasse à 50-55 % d'eau il faudra environ 2 kg. de matière sèche pour remplacer 1 kg. de charbon, tandis que pour la bagasse à 30-35 % il n'en faudra que 1 kg. 83 environ, soit une différence de 9 à 10 %. On a donc intérêt à ramener la teneur en eau de la bagasse à 30-35 % quand on peut le faire économiquement.

A quelle quantité de charbon correspond la bagasse produite par tonne de cannes ? — Si l'on prend la canne à 10 % et 0,50 % de sucre perdu à la diffusion, on a 10,50 de matière sèche, soit 105 kg. par tonne de cannes. Si l'on brûle cette bagasse à 40 % d'eau, il en faudra 1 kg. 80 pour remplacer 1 kg. de charbon. Donc, la bagasse

Digitized by Google

de 1.000 kg. de cannes correspond à 57 kg. de charbon, en supposant qu'elle ne subisse aucune perte par dispersion ou autrement.

Si, au contraire, on brûle la bagasse directement à une teneur en eau de 55 °/₀ et sans perte de matière sèche, cette bagasse correspond à 51-52 kg. de charbon par tonne de cannes. Il est clair dès lors que si l'on a des cannes à 15 °/₀ de ligneux, avec 5 °/₀ de sucre et 50 °/₀ d'eau dans la bagasse verte, celle-ci représente l'équivalent de 82 kg. de charbon. On aura dès lors un excédent de bagasse, puisque le travail d'une usine n'en exige que 65 à 75 kg. par tonne de canne.

Voici maintenant la quantité de bagasse produite par 100 t. de cannes (en 24 heures) à diverses teneurs en eau (10 °/₀ de ligneux dans la canne) :

Teneur en eau de la bagasse	Bagasse produite	Eau entrant au four	Bagasse produite à			
			20 °/₀ d'eau	25 °/₀ d'eau	30 °/₀ d'eau	35 °/₀ d'eau
75	40.000 kgr.	30.000	12.500	13.370	14.300	15.400
70	33.330 »	23.300	»	»	»	»
65	28.600 »	18.600	»	»	»	»
60	25.000 »	15.000	»	»	»	»
55	22 000 »	12.200	»	»	»	»
50	20.000 »	10 000	»	»	»	»

Pour le calcul exact de la quantité de bagasse par 100 kg. de canne, il faut également tenir compte : 1° de la quantité de sucre retenue par la bagasse après l'extraction, et de la quantité de sucre retenue par 100 de matières sèches lors de la rentrée de cette bagasse aux générateurs ; 2° de ce fait que le sucre est toujours accompagné de 20 à 30 °/₀ de matières étrangères organiques ; 3° de ce que ces matières entraînent une perte plus grande de bagasse que par la diffusion directe de la canne ; cette bagasse folle est retenue en partie par des filtres mécaniques tandis qu'une autre partie se retrouve dans les écumes ; 4° de ce que la canne peut renfermer parfois 12-13 et parfois 15 °/₀ de ligneux réel.

LA VAPEUR EN SUCRERIE DE CANNES [1]

Ce sujet a été traité d'une façon très complète par notre collègue M. Bouvier. Nous ne saurions mieux faire que de reproduire son travail, auquel nous ajoutons quelques notes placées entre crochets.

[1] P. Bouvier. — *Bull. Ass.*, t. XXII, p. 1149.

Digitized by Google

I. *Consommation de vapeur dans une usine travaillant avec la triple pression et un quadruple effet sans prélèvement de vapeur.* — Une usine travaillant par triple pression et évaporation à quadruple effet sans prélèvement de vapeurs se trouve dans des conditions relativement bonnes : 1.000 kg. de cannes contenant 14 °/₀ de sucre peuvent y donner avec une imbibition de 150 l. les produits suivants :

Bagasse produite	248 kg. contenant	Eau 50 Sucre 5,65 Ligneux et divers 44,35	
Perte en sucre à l'extraction °/₀ kg. de cannes	1,40 l.		
Jus des moulins 900 kg., soit . .	840 l.		
Ecumes	84 l.		
Sirop à 30° B = ...	228,4 l. après évap. de	611,6 l. d'eau	
Masse cuite 1er jet	115 l. »	108	»
» 2e jet	28,6 l. »	27	»

Les masses cuites 2e jet donnent de la mélasse après malaxage.

Le poids de vapeur directe à 6 kg. de pression nécessaire pour travailler ces 1.000 kg. de cannes ne pourra être inférieur à 505 kg. 50, se décomposant comme suit :

	kilogr.
Moulins et machines diverses.	259
Défécation (chauffage de 25° à 98° C)	123
Ecumes (chauffage de 90° à 98° C)	1,50
Evaporation	171
Cuite 1er jet	132
Cuite 2e jet	33
Turbinage	5
	724,50
Vapeur d'échappement utilisée	219
Vapeur directe consommée	505,50

II. *La bagasse est insuffisante pour assurer le chauffage de l'usine.* — 1 kg. de bagasse à 50 °/₀ d'eau vaporise 1 kg. 6 à 2 kg. d'eau. Avec une vaporisation moyenne de 1 kg. 8 on obtient pour 1.000 kg. de cannes ou 248 kg. de bagasse

$$1,8 \times 248 = 446,4 \text{ kg. de vapeur.}$$

On se trouve ainsi en présence d'un déficit de vapeur de

$$505,5 - 446,4 = 59,1 \text{ kg.}$$

auquel il faut remédier par un supplément de combustible d'environ 8,5 kg. de charbon ou 21 kg. de paille de canne.

Si au lieu d'un quadruple-effet on emploie un triple-effet, ce qui

Digitized by Google

est le cas le plus fréquent, ce déficit s'élève à 110 kg. de vapeur correspondant à 15 kg. de charbon.

Il est cependant possible à certaines usines pressant bien, faisant peu ou pas d'imbibition et travaillant de la canne très riche en ligneux de ne brûler que leur bagasse. Le but à atteindre est non seulement de ne brûler que de la bagasse, mais encore d'en avoir un excédent permettant d'augmenter l'imbibition et, par suite, de réduire les pertes à l'extraction.

III. *Comment éviter l'emploi d'un autre combustible que la bagasse?* — Le problème peut se résoudre de deux manières différentes : 1° par l'amélioration du combustible ; 2° par la réduction de la consommation de vapeur. Le pouvoir calorifique de la bagasse peut être considérablement amélioré par le séchage, car la bagasse à 33 % d'eau vaporise 2,8 kg. d'eau alors que celle à 50 % d'eau n'en vaporise que 1,8 kg. Une teneur beaucoup plus faible en eau n'est pas toujours avantageuse, car la plupart des fours fonctionnent mal avec de la bagasse très sèche.

[*Amélioration du combustible bagasse.*— La rentrée des mélasses diluées à l'imbibition non seulement permet d'obtenir une extraction plus grande de sucre due à la fixation d'une forte portion du non sucre de la mélasse, mais encore d'augmenter la valeur comme combustible de la bagasse finale. En effet, cette bagasse finale renfermera le même poids de sucre, soit par exemple 5 %, mais au lieu de l'avoir dans un jus à 80° de pureté on l'aura dans un jus à 40° de pureté par exemple. Dans le 1er cas les 5 de sucre seront accompagnés de 1,25 de non sucre tandis que dans le second il y en aura 7,5 ; or ce non-sucre est formé pour la plus grande partie de matières organiques très carburés, ce qui lui donne une grande valeur comme combustible. La rentrée des mélasses augmentera donc les matières sèches de $\frac{6,25}{5} \times 1,4$ % de cannes = 1 kg. 75 ou 17 kg. 5 par t. de cannes et pour 124 kg. de matières sèches dans la bagasse sans rentrées de mélasses. C'est donc une augmentation de plus de 14 % qui, rapportée au charbon, donne 8 kg. 75 par t. de cannes comme augmentation de la valeur combustible de la bagasse obtenue.]

Nous avons vu plus haut que 1.000 kg. de cannes donnent 248 kg. de bagasse à 50 % d'eau, soit 248 × 1,8 = 446,4 kg. de vapeur. Ces 248 kg., ramenés par le séchage à 33 % d'eau, donnent 186 kg.

Digitized by Google

de bagasse dont la combustion peut donner 186 × 2,8 = 520,8 kg. de vapeur, quantité largement suffisante pour assurer la marche de l'usine. Ce séchage peut être obtenu soit par l'exposition de la bagasse au soleil, soit par l'utilisation des gaz de la combustion dans un sécheur mécanique.

Le premier procédé n'est applicable que dans les pays comme l'Egypte où il pleut rarement pendant la campagne; mais il présente de nombreux inconvénients : il exige un emplacement et un matériel roulant considérables, il donne des déchets importants par dispersion, par vol, etc., et exige surtout une manipulation coûteuse et irrégulière. Le séchage mécanique présente de grands avantages, tels que la suppression de toute main-d'œuvre et l'alimentation régulière des foyers.

En ce qui concerne la réduction de la consommation de vapeur, elle est relativement facile à réaliser, quoique un peu coûteuse. Voici à titre d'exemple ce que pourrait être la répartition des vapeurs dans l'usine envisagée au début de cette étude après la transformation de l'appareil d'évaporation en quintuple effet avec prélèvement de vapeurs pour le chauffage des jus et des appareils à cuire :

Consommation de vapeur en kilogr. par tonne de cannes

	Vapeur directe	Vapeur d'échappement	1er corps	2e corps
Moulins et machines motrices. .	259	»	»	»
Défécation	25	»	32	55
Ecumes.	1,5	»	»	»
Réchauffage des jus avant l'évaporation.	»	»	16	»
Evaporation	63	219	»	»
Cuite 1er jet	66	»	70	»
Cuite 2e jet	16,5	»	17,5	»
Turbinage.	5	»	»	»
	436	219	135,5	55

La bagasse à 50 % d'eau donnant 446 kg. de vapeur suffit dans ce cas à assurer la production de la vapeur dont la consommation est abaissée de 505,5 kg. à 436 kg. De la combinaison de ces deux procédés, séchage de la bagasse et économie de vapeur, peut résulter une grande aisance dans le travail et même un excédent de combustible qui peut être dans certains cas une réelle source de profits.

[*Réduction de la consommation de vapeur.* — Un moyen de réduction de la consommation de vapeur est l'emploi des vapeurs des jus ou des sirops qui vont aux condenseurs, c'est-à-dire dont la

Digitized by Google

chaleur latente n'est pas utilisée. Dans le chapitre traitant de l'évaporation nous avons parlé des thermo-compresseurs et récupérateurs des vapeurs de cuite Prache et Bouillon ; ces appareils, convenablement utilisés, permettront de réduire, avec les thermo-compresseurs seuls, la consommation de vapeur directe à la défécation et à l'évaporation au 1/3 de la quantitée indiquée, soit 100 kg. au lieu de 171 + 123 = 294 kg. Les thermo-compresseurs permettent en effet avec 100 kg. de vapeur à 6 kg. de pression de comprimer 200 kg. de vapeurs de jus à la pression des vapeurs d'échappement et d'obtenir les 300 kg. de vapeurs d'échappement qui peuvent remplacer au chauffage des jus et à l'évaporation les 294 kg. de vapeurs vives. On réduit de la sorte les 505 kg. 50 de vapeur vive consommée à 505 kg. 50 — 194 = 311 kg. 50 contre 446 kg. 4 que peut fournir la bagasse produite. De tous les exemples ci-dessus énumérés on peut conclure que la sucrerie de cannes possède des moyens lui permettant d'avoir un excès de combustible avec l'unique emploi de la bagasse tout en l'épuisant fortement en sucre par une imbibition copieuse et rationnelle].

IV. *Consommation de vapeur dans une usine diffusant la bagasse après double pression, concentrant les jus dans un appareil à quintuple effet avec prélèvement de vapeurs pour le chauffage des jus et des appareils à cuire et brûlant directement la bagasse.* — En travaillant de la canne à 14 % de sucre avec de très bons moulins, on peut obtenir les résultats suivants pour 1.000 kg. de cannes :

Bagasse produite	224 kg. contenant	Eau 50 Sucre 0,75 Ligneux et divers 49,25	
Jus mélangé	840 litres		
Pertes à l'extraction % de cannes . .	Bagasse		0,17
	Eaux des moulins		0,32
	Petites eaux de diffusion		0,11
	Total		0,60

Les autres résultats sont ceux du premier paragraphe.

La consommation de vapeur exigée par le travail de ces 1.000 kg. de cannes est résumée dans le tableau suivant :

Consommation de vapeur en kg. par t. de cannes

	Vapeur directe	Vapeur d'échappement	1er corps	2e corps
Moulins et machines motrices. .	259	»	»	»
Diffusion	»	»	130	»
Défécation.	25	«	32	47

Digitized by Google

Consommation de vapeur en kg. par t. de cannes (suite)

	Vapeur directe	Vapeur d'échappement	1er corps	2e corps
Ecumes	1,5	»	»	»
Jus filtré	»	»	16	»
Evaporation	163	219	»	»
Cuite 1er jet	66	»	70	»
Cuite 2e jet	16,5	»	17,5	»
Turbinage	5	»	»	»

Les 224 kg. de bagasse ne donnent que 224 × 1,8 = 403,2 kg. de vapeur.

Il en résulte un déficit de 536 — 403,2 = 132,8 kg. de vapeur pour 1.000 kg. de cannes, correspondant à une consommation de 18 kg. de charbon.

En séchant la bagasse on aurait 166 kg. de bagasse à 33 % d'eau pouvant donner 165 × 2,8 = 464,8 kg de vapeur, ce qui réduit le déficit à 536 — 464,8 = 71,2 kg de vapeur, exigeant une consommation de 9,5 kg. de charbon.

Il serait possible de réduire encore de quelques kg. cette consommation de charbon en faisant précéder le quintuple-effet d'un vaporisateur de jus à haute pression tel que le Pauly, et permettant de substituer dans tous les chauffages de l'usine la vapeur de jus à la vapeur directe.

On peut en conclure que malgré ces perfectionnements, il est presque impossible dans une usine travaillant avec la diffusion de la bagasse de ne brûler que de la bagasse, même avec des fours très bien conduits.

V. *Consommation de vapeur dans les cas de la diffusion directe de la canne.* — En remplaçant dans le matériel prévu au paragraphe précédant les deux moulins par des coupe-cannes, on n'obtiendrait guère moins de 100 l. de jus % de cannes, et la consommation de vapeur serait de ce fait augmentée de 40 kg. environ, tandis qu'une réduction de force motrice permettrait d'économiser environ 8 kg. de vapeur d'échappement perdue par condensation. L'accroissement de consommation serait donc d'environ 32 kg. pour la vapeur et de 4.25 pour le charbon avec une extraction analogue et une bagasse beaucoup plus difficile à presser, dont le séchage demande une manipulation considérable ou une puissante installation mécanique.

VI. *Conclusion. — La consommation de vapeur dans une su-*

Digitized by Google

crerie travaillant de la canne de richesse moyenne et ayant des foyers bien conduits peut se résumer dans le tableau suivant :

	Vapeur nécessaire kg.	Vapeur produite par la bagasse kg.	Déficit de vapeur kg.	Excédent de vapeur kg.	Charbon nécessaire kg.
1° *Bagasse à 50 % d'eau :*					
Moulins et triple effet	556,5	446,4	110,1	»	15
» et quadruple effet . . .	505,5	446,4	59,1	»	8,5
» et quintuple effet avec prélèvement de vapeurs	436	446,4	»	10,4	»
Diffusion de la bagasse et quintuple effet avec prélèvement . . .	536	403,2	132,8	»	18
Diffusion de la canne et quintuple effets avec prélèvements. . . .	568	403,2	164,8	»	22,3
2° *Bagasse à 33 % d'eau :*					
Moulins et triple effet	556,5	520,8	35,7	»	4,8
» et quadruple effet . . .	505,5	520,8	»	15,3	»
» et quintuple effet avec prélèvement de vapeurs	436	520,8	»	84,8	»
Diffusion de la bagasse et quintuple effet avec prélèvements. . .	536	464,8	71,2	»	9,5
Diffusion de la canne et quintuple effet avec prélèvement	568	464,8	103,2	»	14

De ce qui précède on peut conclure que :

1° L'extraction par moulins permet seule de chauffer l'usine exclusivement avec de la bagasse ;

2° Une usine travaillant avec des moulins ne doit pas employer d'autre combustible que sa bagasse et doit y parvenir soit en perfectionnant des appareils de chauffage, soit en séchant sa bagasse, soit mieux encore en combinant l'un et l'autre dans un but d'économie et de simplification du travail.

3° La combustion de la bagasse relativement sèche procure un avantage considérable, et la réalisation pratique du séchage mécanique doit être considérée comme une nécessité en sucrerie de cannes (1).

(1) Lorsque la bagasse est séchée mécaniquement, il y a lieu d'augmenter la consommation de vapeur par t. de cannes de 4 kg. dans le cas du travail par moulins, et de 7 kg. dans le cas du travail par diffusion avec coupe-cannes, par suite des pertes dues à la condensation de la vapeur dans le moteur actionnant la sécherie mécanique.

Digitized by Google

GÉNÉRATEURS POUR SUCRERIES DE CANNES

Nous n'entrerons pas dans la description des diverses classes de générateurs généralement employés en sucrerie de cannes, cette description appartenant plutôt à un ouvrage de mécanique. Nous ne décrirons que les divers appareils employés pour brûler la bagasse.

Avant l'abolition de l'esclavage, la main-d'œuvre était abondante et bon marché dans toutes les colonies et le chauffage se faisait avec la bagasse séchée au soleil. A cet effet, la bagasse sortant des moulins était transportée, soit avec des voitures traînées par des animaux, soit portée dans des paniers à tête d'hommes, sur un vaste terrain où elle était répandue et retournée plusieurs fois par des femmes et des enfants ; après plusieurs jours d'exposition au soleil, elle était mise en tas et portée aux générateurs.

Outre l'inconvénient de la grande quantité de bras nécessaires pour la manutention, lorsqu'une pluie survenait l'usine se trouvait arrêtée, n'ayant plus de combustible assez sec pour chauffer les générateurs. Pour remédier à cet état de choses, on chercha un moyen plus rapide et plus économique de brûler la bagasse sortant des moulins.

Les fours Marie et Blandin employés à la Martinique et à la Guadeloupe étaient un acheminement vers les découvertes récentes, pour sécher et brûler la bagasse verte.

Sécherie de bagasse Enaud. — M. Enaud, fabricant de sucre à l'île Maurice, a pensé à utiliser la chaleur des gaz sortant des générateurs pour sécher la bagasse, au lieu de recourir à l'emploi de fours. A cet effet il a imaginé un appareil qui lui permet de renvoyer directement la bagasse aux générateurs où l'on peut la brûler dans des foyers ordinaires.

Son appareil est constitué par une étuve en maçonnerie ayant environ 2 m. de largeur intérieure et 7 à 8 m. de hauteur. Cette étuve est surmontée de 4 cheminées H (fig. 382) ayant environ 1 m. de diamètre et 5 m. de hauteur.

Dans l'étuve se trouvent trois tabliers métalliques T_1 T_2 T_3 munis de tendeurs et constitués par des palettes en fer engagées dans des chaînes sans fin E roulant sur des galets. La distance d'axe en axe des roues extrêmes varie de 10 à 15 mètres suivant l'importance de l'usine.

Digitized by Google

Les palettes sont formées d'un fer plat P et de traverses en fer plat *t*, dans lesquelles s'engagent des fers ronds *f*. Ces fers doivent être en nombre suffisant pour éviter que la bagasse fine passe au travers des palettes.

Ces trois tabliers doivent être montés avec beaucoup de soin et convenablement tendus ; ils sont actionnés extérieurement par des chaînes Gall.

Le mouvement a lieu dans le sens des flèches.

La bagasse est amenée à la sortie des moulins par un conducteur C dans l'entonnoir E où elle est prise par les deux rouleaux *r* qui

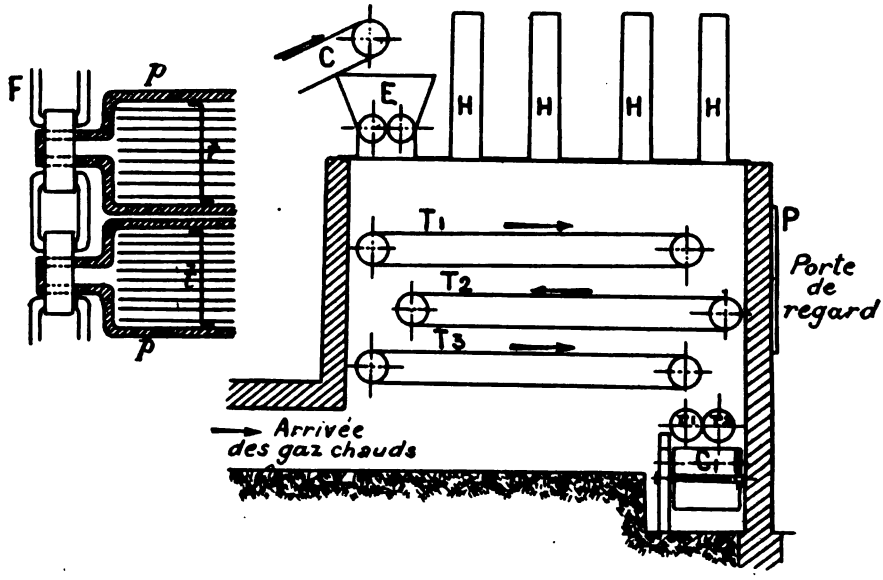


Fig. 382. — Sécherie de la bagasse, système Eraud.

l'introduisent dans l'étuve ; elle s'étale en couche mince sur T_1, vient tomber sur T_2, ensuite T_3 et enfin par l'intermédiaire des deux rouleaux r_1, sur le conducteur C_1 placé à la partie inférieure et qui l'envoie aux générateurs.

Pendant tout son parcours la bagasse est soumise à l'action des gaz sortant des générateurs. Ces gaz sont refoulés dans l'étuve par un ventilateur Guibal.

Un registre P permet d'envoyer directement une partie des gaz à la cheminée quand la température de l'étuve devient trop forte. La bagasse arrive aux générateurs parfaitement sèche.

Chauffage avec la bagasse verte. Appareil Cook. — Le foyer

Digitized by Google

de l'appareil Cook (fig. 383) consiste en un fourneau de briques au-dessous duquel se trouve une chambre plus petite, dans laquelle l'air

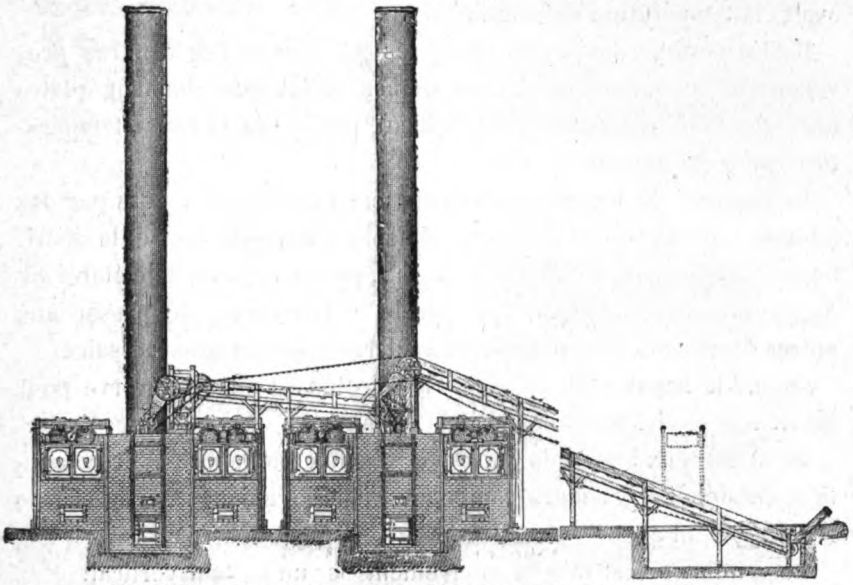


Fig. 383. — Vue du four Cook (Construction Babcok et Wilcox).

préalablement chauffé est introduit à travers une claire-voie. Des ouvreaux ménagés dans les murs du fourneau permettent au gaz de la

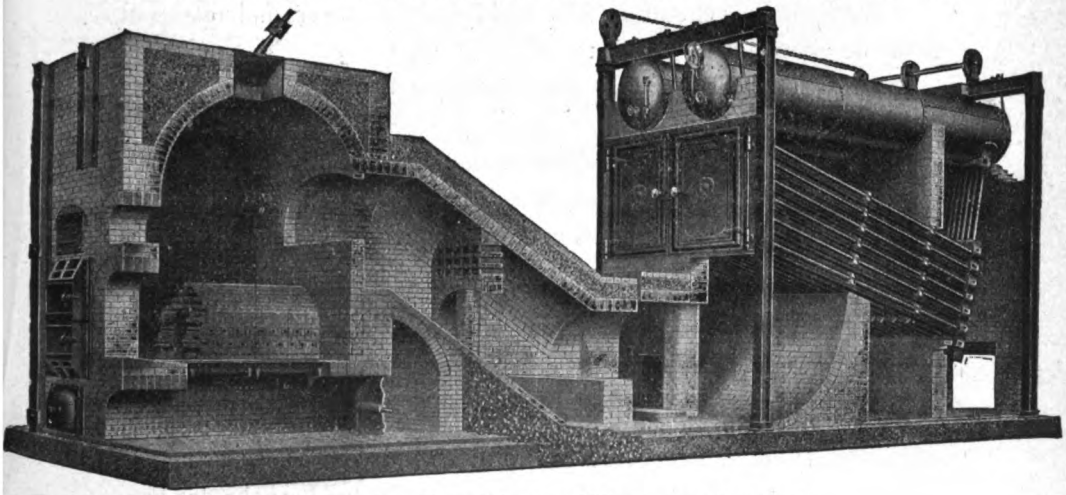


Fig. 384. — Chaudière Babcok et Wilcox, avec four Cook.

combustion de se rendre sous les chaudières. Avant d'arriver à la cheminée, ces gaz passent sous un faisceau de tubes réchauffeurs,

Digitized by Google

dans lequel un ventilateur chasse l'air qui se rend au foyer. On ramène ainsi au foyer une bonne partie de la chaleur perdue et on exalte la température de combustion.

Il faut nettoyer les foyers toutes les 24 heures. Les cendres provenant de la combustion de 250 tonnes de bagasse, donnent quatre brouettées d'une masse vitrifiée (silice), preuve de la haute température qui a été atteinte.

La bagasse est amenée automatiquement dans les foyers par des tabliers sans fin, qui la prennent à la sortie des cylindres et la distribuent également aux différents foyers, par un jeu de tôle établi au-dessus de chacun d'eux et qui permet à la bagasse de passer aux autres fourneaux tout en laissant au dernier sa charge nécessaire.

Quand la bagasse est en excès, le surplus est mis en réserve pour servir lorsque les moulins ne fonctionnent pas.

De nombreux appareils Cook avec chaudières Babcok-Wilcox fonctionnent depuis plusieurs campagnes à la Louisiane et à Cuba sans réparations ni arrêts.

Le ventilateur est mis en mouvement par un moteur vertical.

Nous résumons les avantages de ce four à bagasse :

1° Un seul foyer pour plusieurs chaudières ;

2° Un foyer sans barreau de grille ;

3° Envoi de l'air chaud en jets multiples aux foyers à bagasse et mode de chauffage de cet air ;

4° Le système de répartition automatique de la bagasse dans les foyers ;

5° L'emmagasinage de la bagasse non utilisée.

Four à bagasse, système de M. Alexis Godillot. — Le foyer de M. G. Alexis Godillot brûle les matières ligneuses les plus humides. Cet appareil dénommé « foyer à combustion méthodique » brûle la bagasse telle qu'elle sort des moulins sans qu'il soit besoin de la sécher, tout en conduisant les générateurs à une allure aussi vive que le charbon.

L'appareil se compose d'une grille D en forme de demi-cône, « grille-pavillon », supportée par des nervures et par des tenons cylindriques venus de fonte à l'intérieur et à chaque branche des barreaux qui viennent s'emmancher librement dans un œil pratiqué dans le barreau suivant. Les barreaux de la grille sont disposés de façon qu'il ne puisse rien tomber dans l'intérieur de la grille. Cette grille

Digitized by Google

est posée un peu au-dessus d'une grille plate et annulaire F, placée au-dessus du cendrier C. Le tout enfermé dans un fourneau en briques communiquant avec la chaudière qu'il s'agit de chauffer, le dit fourneau B servant de foyer.

Un hélice A dite « hélice à augets croissants » est combinée pour débiter la bagasse ; elle tourne dans une trémie A dans laquelle arrive

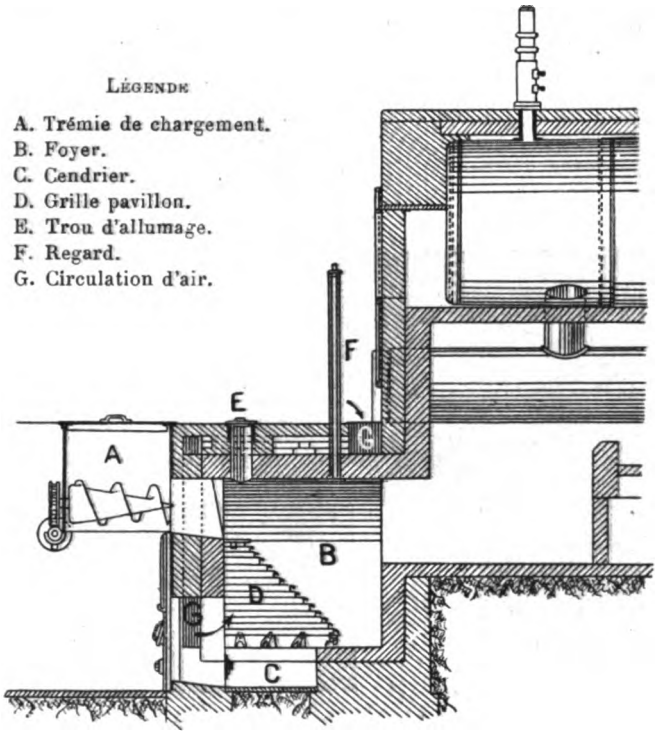


Fig. 385. — Foyer à bagasse, système Godillot.

la bagasse. Cette hélice peut être réglée à volonté par un jeu de crémaillère et de taquets, permettant un débit plus ou moins grand de combustible, elle pousse la bagasse dans un conduit B qui la jette sur le sommet de la grille tronconique. Une prise d'air G est placée au-dessus du fourneau. Cet air, circulant dans les parois ménagées dans le bâti en brique, vient aviver la combustion par un passage pratiqué au-dessous de la grille. Un trou E est destiné à l'allumage et un regard F pour la surveillance. La bagasse arrive au sommet de la grille pavillon et, toujours poussée par le courant continu que donne l'hélice, se dessèche, s'enflamme et tout en descendant la pente du cône au

Digitized by Google

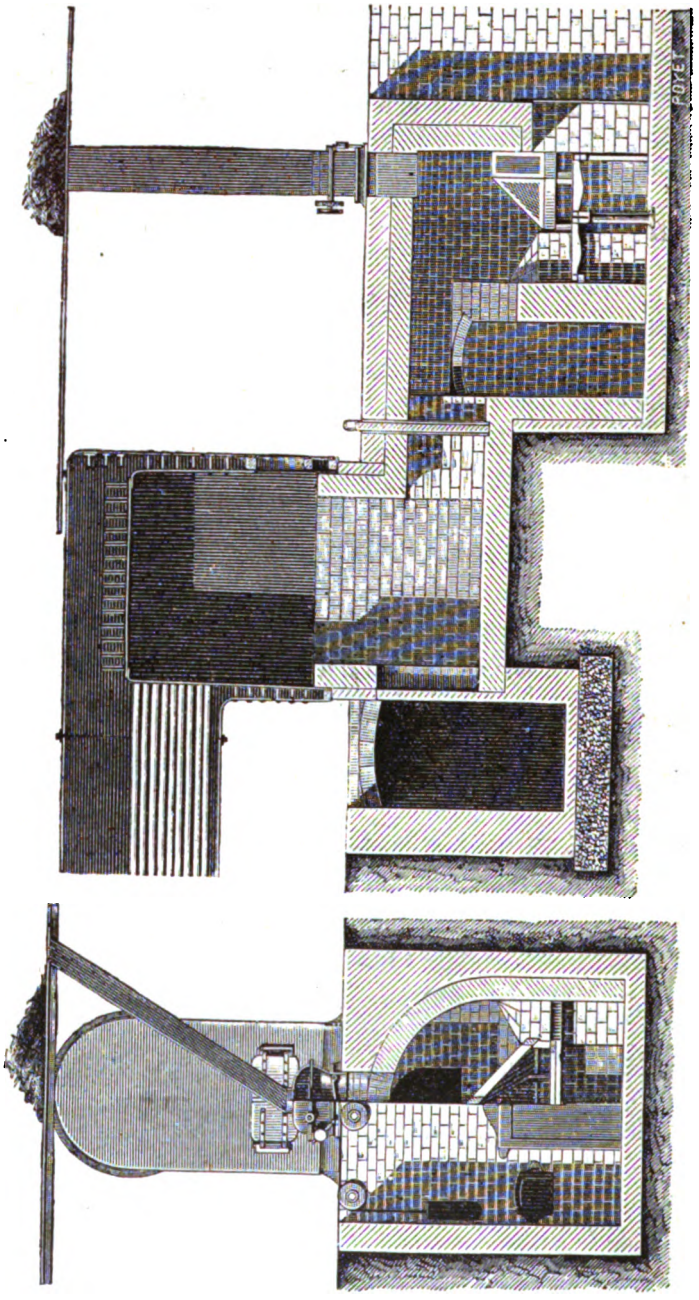


Fig. 386. — Foyer système Godillot, pouvant brûler la bagasse humide telle qu'elle sort du moulin. (Construction Cail.)

Digitized by Google

fur et à mesure que celle qui est au-dessous se consume, finalement sa combustion s'achève au bas de la grille.

Cet appareil donne d'excellents résultats.

La bagasse est toujours chargée au-dessus du four par des conducteurs de bagasse, quelle que soit la disposition du fourneau. Nous donnons l'aménagement d'un système Godillot pour brûler la bagasse construit par les anciens établissements Cail, la description donnée plus haut aidera à l'intelligence de la figure.

Pour les générateurs brûlant la houille, ou simultanément la houille et la bagasse préalablement séchée au soleil, on peut facilement adjoindre un des fours précédemment décrits pour l'emploi de la bagasse verte ; tout aussi bien peut-on leur appliquer ceux moins connus, mais relativement bons dont nous donnons ci-après la description.

Système Del Monte. — Cet appareil fonctionne de la manière suivante :

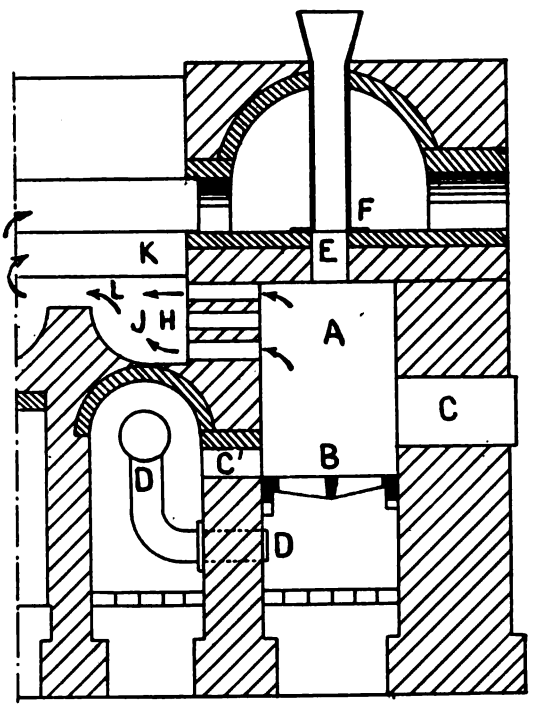


Fig. 387. — Four à bagasse, système Del Monte.

La bagasse est introduite par le tuyau E dans lequel elle se sèche avant d'arriver au foyer A, où les gaz de combustion se forment et

Digitized by Google

d'où ils s'échappent par les tubes en terre cuite H, qui se trouvent chauffés presqu'au blanc.

Les gaz, après avoir franchi ces tubes H, brûlent dans la chambre J, passent au-dessus du pont de chauffe L et se rendent dans les carneaux de la chaudière K qui les conduisent dans la chambre de fumée F que traverse le conduit E d'arrivée de la bagasse.

Pour alimenter d'air le foyer à bagasse A, on envoie par le tuyau D un courant d'air forcé qui traverse la grille B et qui arrive au contact des bagasses desséchées qui tombent d'une manière continue du tuyau E.

Système Clerc et Abell. — Four à brûler la bagasse progressivement et méthodiquement.

Ce four comprend une ou plusieurs chambres de combustion des

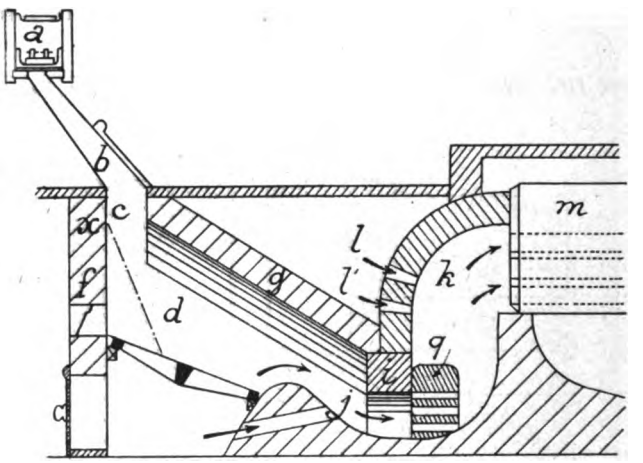


Fig. 388. — Four à bagasse, système Clerc et Abell.

gaz. La bagasse sortant du conducteur incliné que comporte tout moulin à cannes, tombe sur un transporteur horizontal *a* muni d'un plancher fixe et de râteaux en bois qui la transportent progressivement dens le conduit *b*, d'où elle glisse et tombe par l'orifice *c* dans le four *d* en s'inclinant suivant la ligne *x y*; la réverbération de la voûte inclinée *g* sèche la bagasse au fur et à mesure que la combustion se fait. Comme elle est plus rapide vers l'autel *h*, le vide tend à se faire et la bagasse glisse sur la grille *e*, ce qui permet ainsi à la bagasse nouvelle de venir prendre sa place pour se dessécher à son tour. Les vapeurs entraînées par le tirage en même temps que les gaz de la combustion qui passent sous la voûte *i* se mélangent avec de l'air chaud arrivant par le tuyau *j*, passent au travers de conduits

Digitized by Google

pratiqués dans le seuil *q* avant d'entrer dans la chambre de combustion *k*. Là, les gaz sont de nouveau additionnés d'air chaud arrivant par les tuyères *l l'* pour pouvoir brûler complètement et former un combustible gazeux capable de circuler dans le faisceau tubulaire de la chaudière ordinaire *m*. L'air est chauffé avec les produits de la combustion qui s'échappent dans la cheminée.

Perfectionnements aux fours à bagasse; système Knight. — Ce four à bagasses est placé directement sous la chaudière ; il se combine avec des fours auxiliaires allumés à la main avec du bois ou tout autre combustible. Ces fours sont construits avec des tuyères et con-

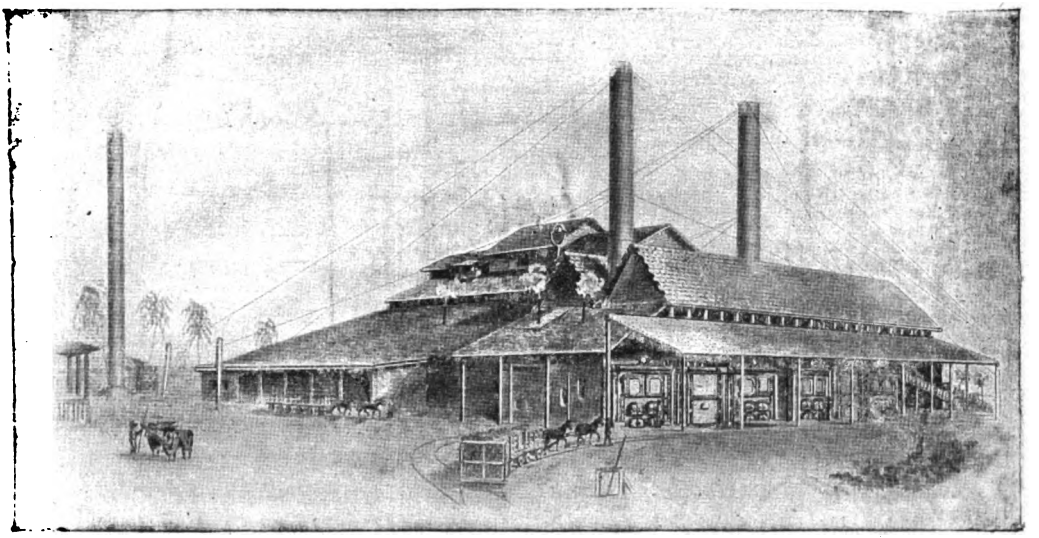


Fig. 389. — Vue de la sucrerie centrale de Senado (Cuba), avec four Cooke pour brûler la bagasse verte.

duits latéraux qui laissent entrer l'air froid, l'air chauffé forcé, ou le tirage naturel ; ils peuvent être employés indépendamment du four à bagasse lorsqu'il ne fonctionne pas. Le jet d'air pour le four à bagasse ou les auxiliaires est chauffé par la chaleur perdue des chaudières, circulant parmi les tuyaux d'un chauffeur situé sur la ligne de parcours des gaz de la chaudière à la cheminée.

Ces perfectionnements consistent en un brûleur de bagasse ayant une base rétrécie et des tuyères pour le jet d'air dans ses parois latérales ; sur chaque côté de ce brûleur est un four à chaudière en relation avec le brûleur par des ouvertures latérales à registre.

Digitized by Google

Valeur calorifique de la mélasse. — M. J. T. Crawley, a recherché les avantages que l'on peut retirer de la mélasse employée comme combustible. Il en tire les conclusions suivantes :

Il faut, en brûlant 100 kg. de mélasse, évaporer 66 kg. d'eau ; et on peut utiliser la mélasse dans les contrées où le charbon revient trop cher. On a établi qu'un kg. de houille équivaut à 4 kg. 6 de mélasse. Les cendres peuvent être utilisées comme engrais contenant :

37 0/0 de potasse ;

2,50 0/0 d'acide phosphorique.

Digitized by Google

CHAPITRE X

—

DESCRIPTION DE QUELQUES SUCRERIES DE CANNES

SUCRERIE CENTRALE DE PASTO-VIEJO A PORTO-RICO

Cette sucrerie, une des plus importantes et des plus prospères de Porto-Rico, nous paraît intéressante à décrire au point de vue de son outillage. Elle a installé, en effet, un quadruple-effet de Kestner de 757 m² de surface de chauffe dont la description et le fonctionnement ont été décrits par M. Van Trooyen [1].

Le quadruple-effet Kestner installé à l'usine de Pasto-Viejo se compose de quatre corps dont chacun est constitué essentiellement de deux parties :

a) D'un corps cylindrique vertical en tôle de 1 m. 06 de diamètre et 7 m. 30 de haut, renfermant le faisceau tubulaire. En vue de la dilatation, ce corps est fait de deux tronçons réunis par un soufflet de dilatation. Il est fermé par un fond formant cuvette, dans laquelle plongent les extrémités inférieures des tubes d'évaporation. Ce fond est muni d'un trou d'homme. Pour faciliter le démontage éventuel, les tuyaux d'entrée de jus, de sortie des eaux de condensation et de vidange des caisses se trouvent sur des ajutages latéraux laissant ainsi le fond absolument dégagé.

b) D'un autre corps cylindrique vertical en tôle, le séparateur, formant chambre de vapeur et qui surmonte le précédent, d'un diamètre double, de 1 m. 83 de haut, sauf pour la 4ᵉ caisse dont la hauteur est de 2 m. 13. Ce corps contient la chicane pour la séparation du jus et de la vapeur. Du haut de ce séparateur, et latéralement, part le tuyau de sortie des vapeurs de jus allant au faisceau tubulaire de la caisse suivante ou condenseur ; du fond part le tuyau de sortie des jus concentrés.

(1) *Bull. Ass.*, t. XXVII, p. 207.

Digitized by Google

Ces quatre éléments reposent sur une charpente en fer à double T et y sont fixés par des pattes. Le fond des caisses est à 1 m. 83 au-dessus du sol de l'usine, et toutes les soupapes desservant l'appareil se trouvent à hauteur d'homme.

Les faisceaux tubulaires des premier, deuxième et troisième corps contiennent 250 tubes en cuivre rouge et 7 m. de long et 38 mm. de diamètre extérieur. Celui du quatrième corps contient 130 tubes de même longueur que les précédents, mais de 70 mm. de diamètre.

La surface de chauffe est ainsi de 190 m² pour chacune des trois premières caisses, et de 187 m² pour la deuxième, soit au total 757 m² pour l'appareil.

Les dimensions des pompes de l'appareil sont les suivantes :

	Air	Jus	Retour
Course.	508 mm.	254 mm	254
Cylindre à vapeur.	254	178	305
Cylindre de la pompe	560	114	305
Nombre de tours	49		

La pompe à air sec est du type horizontal à cylindre à vapeur et cylindre à air en tandem. La pompe à jus est une pompe double genre Worthington. La pompe à retour est du type horizontal à cylindre à vapeur et cylindre à eau en tandem.

La sortie de l'eau se fait par une colonne barométrique dont le pied repose dans un bac en tôle. Dans ce bac aspire une pompe simple à sirop. Comme il peut arriver que le premier sirop sortant n'a pas la densité voulue, on a prévu sur le refoulement de la pompe une tuyauterie permettant de le renvoyer au jus léger qui entre dans l'appareil.

L'élimination des retours se fait par siphonnement d'une caisse à l'autre. La pompe les prend toutes dans le faisceau tubulaire de la quatrième caisse. La condensation des vapeurs sortant de la dernière caisse a lieu dans un condenseur à cascades de 0 m. 915 de diamètre, et l'élimination des eaux condensées et de condensation a lieu par une colonne barométrique de 305 mm. de diamètre.

La conduite de l'appareil est des plus simples : deux jeunes portoriciens ont été mis au courant en moins d'une semaine. Pour mettre l'appareil en route, on actionne la pompe à air et, une fois le régime du vide établi, on ouvre simultanément l'entrée de jus et celle de vapeur dans la première caisse. L'ébullition et le grimpage com-

Digitized by Google

mencent presque aussitôt. Dès que le niveau fixé sur le tuyau d'entrée du jus dans le quatrième corps se remplit, on ouvre la soupape d'injection d'eau au condenseur, et quelques minutes après le sirop sort de l'appareil. En graduant ensuite l'alimentation du jus dans le premier corps d'après le degré Baumé du sirop que l'on veut obtenir, et en réglant le siphonnement des eaux de condensation d'après les niveaux d'eau dont sont munis les faisceaux tubulaires, on arrive en peu de temps au régime de marche normale de l'appareil : une fois qu'il est réglé, il peut fonctionner des heures entières sans que l'opérateur ait à intervenir.

A la mise en route, le temps de passage des jus dans les quatre caisses est de 20 minutes ; en pleine marche ce temps est réduit à 13 minutes. La conduite de l'appareil est facilitée d'une façon singulière par le fait que l'évaporateur se tient sur le sol même de l'usine et, tout en surveillant son appareil, il peut contrôler la marche des pompes à jus, à sirop, à eaux de retour et à air, qui se trouvent à portée de sa main, sans qu'il ait besoin de monter ou de descendre des escaliers.

Le Kestner diffère des autres appareils d'évaporation en ce sens que si l'alimentation est interrompue, l'appareil s'arrête complètement. C'est là un avantage et non un inconvénient, car si le jus vient à manquer pendant quelque temps, on peut toujours alimenter le quadruple-effet avec de l'eau et prévoir une tuyauterie à cet effet. On réalise alors un nettoyage partiel sans troubler la marche de l'usine.

Le fait de pouvoir commencer l'évaporation avec très peu de jus constitue un avantage des plus sérieux du Kestner. En effet, avant de pouvoir être mis en route, les appareils ordinaires d'évaporation doivent être remplis jusqu'à la plaque tubulaire, et l'appareil du type vertical courant de même puissance doit contenir 350 hl. avant qu'on puisse commencer à évaporer. Cette quantité de jus correspond, pour une usine de 1.000 t., à une heure de marche du moulin. Si l'on ajoute à cela une heure qui s'écoule avant que ce jus ne soit concentré, on voit que le travail de la cuite sera retardé de deux heures. A Pasto-Viejo, il arrive souvent qu'on commence une cuite quatre heures après la mise en route des moulins.

En outre, étant donnée la faible capacité de l'appareil, qui en pleine marche ne contient que 40 hl. de jus, on peut liquider ceux-ci

Digitized by Google

très rapidement lors de l'arrêt de fin de semaine. En prenant quelques précautions on est arrivé, à Pasto-Viejo, à liquider tous les jus, jusques et y compris l'évaporation, trois heures et demie après l'arrêt des moulins. Pendant ce temps l'appareil avait été rincé à l'eau, ce qui correspond à un passage à la soude et à l'acide des appareils ordinaires d'évaporation.

Dans le travail de jus normaux, les incrustations sont pour ainsi dire supprimées dans le Kestner, de sorte que les lavages à la soude et à l'acide y deviennent inutiles. Ainsi, après huit semaines de travail pendant lesquelles le quadruple-effet de Pasto-Viejo avait évaporé 10.000 t. de jus, on a ouvert les trous d'homme des fonds de caisse pour se rendre compte de leur état de propreté. Or, les tubes étaient absolument exempts d'incrustations, aussi brillants à l'intérieur qu'au moment de la mise en marche. Dans le fond de chaque caisse on a trouvé un amas de pellicules de couleur brun-grisâtre, lisses d'un côté, rugueuses de l'autre; ce qui prouve que ces incrustations avaient été détachées pendant la marche ou par le lavage a l'eau. Ces pellicules avaient la composition suivante :

Matières organiques et perte au rouge	21,60
Fer et alumine	39,00
Chaux	4,80
Silice, etc.	32,80

Cette suppression des lavages à la soude et à l'acide, et la rapidité de la liquidation des jus constituent de précieux avantages en sucrerie de cannes, à cause de la difficulté qu'on éprouve dans la production de la vapeur dès que les moulins sont arrêtés.

Le peu de temps que dure le passage des jus dans le quadruple-effet exerce une influence très heureuse sur la qualité des sirops. Malgré la simplicité du système d'épuration des jus à Pasto-Viejo, consistant en une simple défécation à la chaux et une décantation sans filtration, les sirops sortaient de l'appareil clairs et sans coloration ni émulsion. Le livre de laboratoire ne mentionne aucune diminution de pureté, ni augmentation de glucose entre les jus déféqués et les sirops. Le contrôle des jus entrant dans l'appareil et des sirops correspondants montre qu'aucune altération ne s'est produite par le passage dans le Kestner.

Voici l'analyse des deux produits :

Digitized by Google

	Jus déféqué	Sirops correspondants
Degrés Baumé	9,4	31,50
Degrés Brix corrigé	17,10	58,10
Sucre °/₀ gr.	13,97	47,54
Glucose °/₀ gr.	1,60	5,40
Pureté	81,70	81,82
Glucose °/₀ de sucre	11,45	11,35

D'ailleurs, l'absence de coloration n'a qu'une importance relative, car à Porto-Rico on fait presque exclusivement des sucres roux qui sont vendus sur la base de la polarisation. Mais, pour les sucreries qui fabriquent du blanc pour la consommation directe, l'emploi du Kestner doit sans doute donner des produits de belle qualité.

La sucrerie de Pasto-Viejo a complété son matériel, en 1911, par l'installation d'un nouveau moulin. par l'addition de 12 cristallisoirs de 17 m³ chacun et de 16 centrifuges de 0 m. 75. La situation de cette usine est très prospère, puisque, d'après M. Lahousse, elle a distribué à ses actionnaires un dividende de 40 °/₀ pour l'exercice de 1910.

CENTRALE GUANICA A PORTO-RICO

Cette usine est décrite par M. L. Lahousse (¹). — La centrale Guanica, de beaucoup la plus importante de l'île, traite par jour 4.000 t. de cannes fournies en partie par les 4.400 ha. qu'elle exploite, le supplément étant acheté à des planteurs particuliers. La canne arrive à l'usine par wagons de 15 à 18 t. Un déchargeur mécanique la déverse dans les trémies placées devant les moulins et enregistre en même temps le poids des cannes transportées.

L'usine possède quatre séries de moulins dont trois de 12 cylindres de 0 m. 85 de diamètre et 2 m. de long et un de 6 cylindres de 0 m. 90 de diamètre et 1 m. 80 de long. L'imbibition est de 30 °/₀, ce qui permet de pousser l'extraction jusqu'à environ 95 °/₀ du sucre contenu dans la canne.

A leur sortie des moulins, les jus passent dans un chauleur continu fonctionnant sous l'unique surveillance d'un gamin qui, à l'aide de la réaction par la phtaléine de phénol, rectifie constamment la quantité de lait de chaux employée. Les jus sont portés ensuite à une température de 105° C. dans deux réchauffeurs. Un régulateur de vapeur, actionné par un thermostat placé sur la conduite du jus, règle la quantité de vapeur nécessaire pour obtenir la température voulue.

(¹) L. Lahousse. — Notes de voyage à Porto-Rico, *Bull. Ass.*, nov. 1911, p. 272.

Digitized by Google

Cette température ne varie pas de plus de 3°, quelque changement qu'on fasse subir à l'alimentation des réchauffeurs. Ce régulateur automatique est fourni par l' « American Radiator Co », de New-York. A la sortie des réchauffeurs, les jus passent dans des décanteurs continus dont la disposition rappelle assez exactement les épurateurs d'eau ; les boues sont extraites par intermittences du bas, additionnées d'eau et passées au filtre-presse.

L'évaporation des jus (217.000 L. à l'heure) se fait dans 4 quadruples-effets, dont un Kestner installé en 1909. Ce dernier évaporateur de 400 m² par caisse, chauffé par de la vapeur d'échappement à 2/10 de kg. de pression (104° C.) et travaillant sous un vide de 60 cm² de mercure à la dernière caisse, évapore 48.000 kg. d'eau à l'heure. Les jus entrent à l'évaporateur à 6° Baumé (10° 8 Brix) et en sortent à 33° Baumé chauds (65° Brix). Cette évaporation de 83 % du poids du jus initial en un passage est surprenante, car on sait combien il est difficile d'obtenir un pourcentage élevé dans les appareils ordinaires sans une surface de chauffe vraiment exagérée.

L'installation de Guanica est complétée par 6 appareils à cuire de 3 m. 70 de diamètre, 10 cristallisoirs et 30 centrifuges dont un grand nombre de « Weston ». L'épuisement des mélasses est souvent poussé jusqu'à 28 % de pureté.

Le sucre ensaché est transporté mécaniquement dans les magasins et de là il est chargé sur les bateaux. Une fonderie, des ateliers de mécanique et de menuiserie, une station de pompes centrifuges électriques pour l'irrigation complètent l'outillage de cette usine, dont la production journalière est de 500 t., sur la base de 12 % de rendement.

SUCRERIE CHAPARRA A CUBA

L'usine Chaparra, inaugurée en 1902, est située non loin de la baie de Gibara, sur la côte nord de l'île de Cuba, dans la province de Santiago. Elle est d'essence purement américaine, tant par les capitalistes qui ont fondé la société que par son installation, ses appareils et ses procédés de fabrication. On a commencé en 1900 le déboisement des terrains, et en 1902 l'usine était prête à fonctionner. M. Fontaine en a donné la description suivante [1] dont nous reproduisons les parties essentielles.

[1] *Bull. Ass.*, t. XX, p. 564.

Digitized by Google

Plantations et transports. — Les plantations se composeront de 5.427 ha. qui, au rendement moyen de 70 t. par ha. donneront 38.000 t. de cannes. 300 charrettes appartenant partie à l'usine et partie aux colons sont employées à transporter les cannes aux conducteurs des moulins, 200 autres à amener les cannes des champs aux wagons du chemin de fer. Le matériel roulant de celui-ci se compose de 300 wagons de 15 tonnes de capacité ; la plupart d'entre eux ont été construits sur place, à l'exception des pièces métalliques apportées des Etats-Unis ; 6 locomotives sont employées à la traction pour le transport des cannes et du sucre.

Production de la vapeur. — La chaufferie se compose de 3 fours Cook qui chauffent des chaudières Babcock d'une puissance totale de 5.540 HP. Chaque four est pourvu d'une cheminée en tôle de 12 m. de haut sur 3 m. de diamètre ; ces cheminées sont fixées aux fondations par des boulons de 3 m. 50, elles n'ont pas de haubans, leur poids seul offre une résistance suffisante au vent. — Les fours sont alimentés automatiquement avec de la bagasse humide. Ils n'ont pas donné toute satisfaction, car on a brûlé beaucoup de bois sans parvenir à brûler toute la bagasse. L'installation ne permettant pas de rapporter aux fours l'excédent de bagasse quand il en manque, à la suite d'arrêt des moulins, il a fallu brûler celle-ci sans profit, pour s'en débarrasser.

Extraction du vesou. — Il y a deux jeux de moulins composés chacun de 3 moulins et d'un défibreur. Entre le premier et le deuxième moulin la bagasse reçoit une imbibition d'environ 20 °/₀ qui peut se faire à volonté d'eau froide ou chaude. Les deuxième et troisième moulins sont mûs par une seule machine combinée de telle sorte que le même pignon commande à la fois les deux engrenages placés en ligne droite. — Les cylindres des moulins ont 2 m. de long ; les essieux sont creux, d'environ 35 cm. de diamètre dont 15 d'évidement. — Les cannes sont jetées sur les conducteurs par des transbordeurs système Link-Belt qui ont parfaitement fonctionné.

Chaulage et défécation. — Le chaulage se fait dans 6 bacs cylindriques pourvus d'agitateurs ; on l'effectue à froid et le fait suivre de la sulfitation. Le vesou chaulé va ensuite aux deux réchauffeurs Deming où il est soumis à une température de 104° C. ; à la sortie il est amené à 45° par un contre-courant de vesou froid. Puis on procède à la décantation dans 7 appareils cylindroconiques dans chacun des-

Digitized by Google

quels passe le vesou, qui se déverse clair à la sortie dans le bac d'alimentation du triple-effet.

Lorsqu'il y a lieu de vider un des décanteurs, on l'isole, les autres continuant à fonctionner. La partie claire du liquide qu'il contient passe par sa propre pression dans les filtres-presses ; les précipités et les jus troubles sont d'abord soumis à l'ébullition, puis refoulés sur les filtres, au nombre de 24, par le moyen de 2 pompes dont l'une donne une pression maxima de 4 kg. 100 et l'autre de 6 kg. Lorsque la première est arrivée à sa limite, on met en marche la deuxième ; lorsque celle-ci ne fait plus rien passer dans les filtres, c'est que ceux-ci sont pleins : on lave alors les tourteaux à l'eau froide ou chaude jusqu'à épuisement complet, puis on les vide à l'air comprimé.

Evaporation. — Le vesou clair de la décantation et des filtres est soumis à l'évaporation dans deux triples-effets horizontaux système Lillie, capables de traiter 2.500.000 l. par 24 heures ; il semble que ceux-ci n'aient pas donné le résultat qu'on en attendait, car il est question d'installer un autre triple-effet vertical, système Chapman, de 1.400 m² de surface de chauffe.

Cristallisation. — Il y a 3 appareils à cuire de 3.500 l. de capacité utile. L'un d'eux ne fait que du sucre de premier jet ; les autres font des deuxièmes et troisièmes en grains sur pied de cuite du 1er jet. — Les cuites sont coulées dans des cristallisoirs en mouvement, au nombre de vingt, de capacité suffisante pour recevoir chacun une cuite. Ces appareils sont fermés et communiquent avec la tuyauterie de vide ; ils sont pourvus de glaces et de sondes. Quand la cuite est coulée dans l'un d'eux, on y fait le vide et on met la masse en mouvement au moyen d'un arbre à palettes ; à mesure qu'elle se sèche on l'alimente avec des égouts dilués. Lorsqu'elle est au point voulu, ou que la marche du travail l'exige, on isole le cristallisoir et on décharge la cuite dans le malaxeur des turbines.

Turbinage. — Le turbinage se fait dans 24 turbines de 1 m. 20 de diamètre, du type Weston, mues par force hydraulique sans courroies. Chacune d'elles donne par charge un sac de sucre de 140 kg. — Les égouts de turbinage sont dilués et neutralisés suivant le cas avec de la soude caustique ou du phosphate acide de chaux ; ils sont ensuite clarifiés par ébullition et sulfités ; ils servent à l'alimentation des cuites comme il est dit plus haut. On fait des sucres de deuxième et troisième jets. Les égouts du turbinage des troi-

Digitized by Google

sièmes jets sont jetés à la rivière ou exportés si l'on a avantage à le faire. Il n'y a pas de distillerie.

Annexes. — L'usine est pourvue d'un laboratoire de chimie, d'un réseau téléphonique qui relie tous les ateliers et bureaux, d'une installation de lumière électrique, d'ateliers de charpente et de mécanique, briqueterie à vapeur, d'un magasin à vivres et vêtements qui vend en gros et en détail.

La capacité de mouture est de 3.000 t. de cannes par 24 heures ; à certains jours on a fait plus de 2.000 sacs de sucre de 140 kg. La première campagne, toujours difficile dans une usine de cette importance, a mis en relief quelques défectuosités que l'on a dû rectifier. Malgré cela on a fabriqué 130.000 sacs de sucre depuis le 1er février jusqu'au 15 juin, ce qui est un beau résultat.

FAZENDA DU FUNIL (USINE ESTHER). BRÉSIL

La sucrerie dont nous allons donner la description est une des plus intéressantes du Brésil : elle emploie les appareils les plus perfectionnés et les procédés les plus modernes introduits dans ces temps derniers dans la fabrication du sucre de cannes.

Sa description a été donnée par notre collègue M. Leroy [1].

La « Fazenda » du Funil (Usine Esther) appartient à M. Nogueira et Cie ; elle est située à 41 km. de Campinas, importante ville de l'intérieur à laquelle elle est reliée par un chemin de fer à voie de 1 m. La superficie totale de cette fazenda est de 8.915 ha. dont 700 environ sont plantés de cannes de diverses variétés. Grâce à sa situation exceptionnelle au confluent de deux rivières importantes, elle possède des chutes d'eau d'une force totale d'environ 3.000 chevaux, ce qui lui permet d'obtenir l'énergie électrique à bon compte et de l'employer comme force motrice sous forme de courants triphasés. Cette usine a été installée en 1905 pour un travail de 120 t. en 22 heures effectives ; elle travaille la canne par le procédé de la diffusion directe.

L'outillage comprend : un coupe-cannes de 1 m. 800 de diamètre, travaillant à 140 tours, mû par poulie de transmission qui reçoit le mouvement d'un moteur électrique de 8 chevaux, et pouvant débiter en 2 heures de travail 150 t. de cossettes de 2 mm. d'épaisseur. Un système d'élévateur incliné et de distributeur horizontal, mû par un

[1] *Bull. Ass.*, nov. 1907, p. 517.

Digitized by Google

moteur de 10 chevaux, servant à élever et à distribuer la cossette fraîche dans la batterie de diffusion. Celle-ci se compose de 16 diffuseurs de 22 hl. ; elle est chauffée par 16 calorisateurs de 3 m² de surface de chauffe chacun. Un moulin de répression à cinq cylindres sert à l'essorage de la cossette épuisée ; il est mû par une turbine verticale de 15 chevaux.

Le jus sortant de la diffusion est déféqué dans trois défécateurs à double fond de 17,5 hl. ; de là il passe à la filtration composée de trois filtres mécaniques de 1.200 × 0,800 × 1.000, qui filtrent le jus sous une pression de 0 m. 20 de liquide.

L'évaporation des jus s'effectue actuellement dans un triple-effet de 1.800 hl. et 270 m² de surface de chauffe. Les sirops, à leur sortie du triple-effet, sont sulfités dans un appareil Moret alimenté par un compresseur vertical ; ils passent ensuite à l'élimination comprenant trois éliminateurs de 20 hl. et sont filtrés sur trois filtres à toile ayant chacun une surface filtrante de 15 m².

Les appareils à cuire, au nombre de deux, d'une capacité respective de 90 et 60 hl. servent, l'un à faire la cuite en grains des sirops de premier jet, l'autre à faire la cuite au filet des égouts de premier et de deuxième jets.

Une station centrale de vide relie le triple-effet et les appareils à cuire ; le condenseur barométrique est alimenté par une pompe centrifuge spéciale n° 5, actionné par un moteur de 7 chevaux. Une partie des eaux chaudes provenant du condenseur est remontée à l'aide d'une pompe centrifuge double, actionnée par un moteur de 10 chevaux, dans le bac d'alimentation de la diffusion qui est situé à une hauteur de 11 m. au-dessus du plancher de la batterie. La pompe à air sèche, aspirant sur le condenseur, est actionnée par un moteur de 20 chevaux muni d'une réduction de vitesse.

Les différentes pompes verticales destinées au service des jus, des eaux ammoniacales et des sirops, reçoivent le mouvement d'une transmission actionnée par un moteur de 8 chevaux.

Au sortir de l'appareil à cuire, la masse cuite est coulée dans deux malaxeurs ouverts de 85 hl. placés en charge sur les turbines. Celles-ci, au nombre de trois, de 1 m. de diamètre, possèdent, calé sur l'axe vertical, un moteur de 3,5 chevaux et tournent à une vitesse de 900 tours. La production de ces turbines est de 300 sacs de cristal blanc de 60 kg. par 24 heures de travail.

Digitized by Google

Le graissage est assuré d'une façon continue par une petite pompe de 1/3 de cheval qui refoule l'huile dans un bac en charge sur les turbines.

Le sucre, à sa sortie des turbines, tombe sur une hélice qui le dirige sur un ventilateur en vue de son refroidissement rapide ; de là il passe à l'ensachage. Une partie de ce sucre cristal est directement livré à la consommation ; l'autre partie est réduite en poudre impalpable à l'aide d'un broyeur à palettes actionné par un moteur de 10 chevaux et livré au commerce sous le nom de « sucre spécial ».

Les égouts provenant du turbinage sont cuits au filet et envoyés dans deux bacs rectangulaires de 65 hl. munis de tuyaux perforés, et soumis à l'action de l'air comprimé fourni par un compresseur vertical qui aspire 200 m³ d'air à l'heure et les refoule sous une pression de 2 kg. dans un récipient dit « Régulateur ». Une partie de cet air est destiné à l'alimentation du four à soufre.

Le malaxage des égouts par ce procédé dure environ 18 heures ; le turbinage a lieu dans quatre turbines ordinaires, mues par courroie. Les mélasses sont envoyées à la distillerie.

La transmission qui dessert les deux malaxeurs de premier jet, le compresseur d'air et les quatre turbines de 2ᵉ jet, est actionnée par un moteur de 20 chevaux.

La vapeur nécessaire au chauffage des jus et des sirops, de la diffusion, du triple-effet et des appareils à cuire est fournie par deux générateurs semi-tubulaires, de chacun 250 m² de surface de chauffe, et munis de fours Godillot actionnés par un moteur de 5 chevaux. Le combustible est fourni par la bagasse de diffusion, préalablement essorée dans un moulin à 5 cylindres et séchée à une teneur d'environ 35 % d'eau dans un four système Huillard, qui utilise les chaleurs perdues des générateurs. Le ventilateur qui est placé à la partie supérieure du sécheur pour aspirer les gaz chauds provenant des chaudières, après leur passage sur les bagasses, est actionné directement par un moteur de 18 chevaux. Le combustible est complété par le bois de chauffage dans la proportion de 14 % en poids des cannes mises en œuvre.

L'usine possède un laboratoire de chimie qui exécute le contrôle chimique de la fabrication, s'occupe de l'analyse des cannes et des terres de l'usine.

Digitized by Google

CHAPITRE XI

—

COUP D'ŒIL SUR L'INDUSTRIE SUCRIÈRE DANS LES PAYS PRODUCTEURS DE CANNES [1]

ESPAGNE

CULTURE DE LA CANNE [2]

L'Espagne est le seul pays d'Europe qui produit du sucre de cannes (environ 20.000 t. par an). Cette industrie y est cantonnée dans la région de l'Andalousie comprise entre Almerio et Gibraltar, qui seule réunit les conditions climatériques indispensables à la végétation de la canne à sucre, c'est-à-dire une température moyenne élevée et l'absence à peu près complète de gelées.

La canne est cultivée principalement dans les terres d'alluvions constituant le fond des vallées. La nature de ces terres est très variable, et on trouve de très belles plantations aussi bien dans les terres siliceuses que dans les terres argileuses et compactes. Partout où la couche arable est profonde et l'eau abondante, la canne donne de bons rendements, si l'on a soin de ne planter que la variété rouge ou rubannée dans les terres légères où les cannes blanches ne donnent que de faibles rendements. Ces dernières exigent des terres de bonne qualité et bien fumées ; leur richesse saccharine moyenne peut atteindre 15 °/₀ du poids de la canne avec environ 0,6 de glucose °/₀ de cannes, et leur rendement à l'ha. 45 à 50 t. dans les terres bien exposées. La première récolte arrive facilement à maturité en une année, mais celles de deuxième, de troisième et de quatrième années ne peuvent être faites qu'après deux années de végétation.

Les cannes rouges, beaucoup plus rustiques que les blanches, sont très sensibles aux engrais quelle que soit la nature du terrain ; avec une bonne fumure, elles peuvent donner des rendements atteignant 80 t. à l'ha. Les coupes se font annuellement et peuvent être renouvelées pendant 5 à 6

(1) Par J. Fritsch.
(2) D'après Paul Bouvier. — *Bull. Ass.*, oct. 1905, p. 421.

Digitized by Google

années consécutives, durant lesquelles les rendements se maintiennent élevés si l'on a soin d'apporter chaque année à la terre des engrais abondants et facilement assimilables. La richesse saccharine de ces cannes rouges est inférieure à celle des cannes blanches et, comme pour ces dernières, elle décroît à mesure que l'on s'éloigne de Gibraltar vers l'est : dans la plaine de Malaga elle est en moyenne de 13 à 14 avec 0,5 à 1,2 de glucose °/₀ de cannes.

Les cannes rubannées, peu répandues, se rapprochent des cannes rouges comme rendement en poids ; c'est une espèce extrêmement variable dans ses caractères botaniques et dans sa richesse saccharine.

Toutes ces variétés de cannes sont cultivées d'une manière identique et avec beaucoup de soins. La terre, après un repos d'au moins trois années pendant lesquelles elle est utilisée à des cultures diverses, céréales ou plantes sarclées, est maintenue propre au moyen de façons légères jusqu'au moment où elle est préparée pour la plantation des cannes. Cette préparation du sol consiste en un labour profond fait en janvier ou février, dont on profite pour enfouir le fumier (30 à 40 t. à l'ha.). En mars on ouvre dans la terre des sillons de 30 cm. de profondeur et de 20 cm. de largeur, espacés de 1 m. 10. Dans ces sillons faits à la charrue, approfondis et aplanis à la houe, on répand le fumier quand il est en quantité insuffisante pour être enfoui par le labour.

La terre est alors prête à recevoir les cannes que l'on dispose, après en avoir retranché les bouts blancs, de chaque côté des sillons en deux rangées continues et parallèles, en ayant soin de mettre les yeux sur un même plan horizontal et de redresser les cannes courbées par des entailles transversales de manière à bien les asseoir sur le fond des rigoles. On en met ainsi 11.000 kg. à l'hectare. Les cannes sont légèrement recouvertes de terres ; en cas de besoin elles reçoivent un léger arrosage qui donne à la terre la fraîcheur nécessaire.

A mesure que les cannes apparaissent et grandissent, on remet de la terre dans les sillons, puis on les nivelle à la houe à main ou plus économiquement par un labour léger. Quelque temps après cette opération, on procède au buttage des jeunes pousses avec un billonneur en creusant entre chaque ligne une rigole qui remplace le billon primitif ; ces rigoles sont ensuite combinées entre elles de manière à former une série de chicanes dans lesquelles l'eau d'arrosage s'écoule lentement d'un côté à l'autre du champ en suivant la pente naturelle du terrain. Les arrosages se font tous les 10-15 jours : ils nécessitent chaque fois une dépense d'environ 500 m³ d'eau par ha.

Dans un grand nombre d'exploitations on complète le fumier par des engrais chimiques, principalement du superphosphate de chaux, du sul-

Digitized by Google

fate d'ammoniaque, du nitrate de soude et quelquefois du guano de poisson et des scories de déphosphoration. L'expérience montre que l'on obtient les meilleurs résultats en épandant les scories avant le labour profond, le guano, le superphosphate et les 2/3 du sulfate d'ammoniaque dans les sillons avant la plantation, et le reste du sulfate d'ammoniaque et le nitrate de soude en couverture avant le buttage des jeunes plantes.

La canne mûrit généralement en mars, au moment où le rapport des sucres réducteurs au sucre cristallisable est minimum. On procède alors à la coupe qui se prolonge jusqu'en mai.

La récolte étant enlevée, on recueille les bouts blancs et on les donne au bétail, puis les feuilles qui servent de litière ; tout ce qui ne peut être enlevé économiquement reste sur le sol et est brûlé, ce qui a l'avantage de détruire les insectes et de faciliter le travail des terres argileuses.

On répand alors l'engrais de fond qui est soit du fumier, soit du guano, et on laboure le sol en faisant passer le soc aussi près que possible des souches sans toutefois les endommager; on termine ce déchaussement à la houe, et on recoupe les bouts restants au moyen de cisailles de manière à ne laisser que deux yeux à chaque pousse et éviter ainsi d'avoir un trop grand nombre de rejetons.

Lorsque les jeunes tiges ont atteint un certain développement, on les butte après avoir répandu un engrais composé de superphosphate et de sulfate d'ammoniaque qu'on a légèrement recouvert de terre. On répand encore du sulfate d'ammoniaque et du nitrate de soude avant de donner la dernière façon, et on arrose comme s'il s'agissait de cannes nouvellement plantées.

Après les coupes suivantes, les pousses doivent être recoupées aussi près que possible de la souche; toutes les autres opérations culturales restent les mêmes et durent tant que la plantation donne un rendement suffisant.

Toutes ces façons coûteuses sont nécessitées par la difficulté qui s'oppose au développement rapide de la canne à sucre en Andalousie et par la nécessité d'obtenir le plus de sucre possible sur une surface très limitée de terres propices à cette culture.

Malgré les frais élevés qu'elle entraîne, la culture de la canne est une des plus rémunératrices de l'Espagne.

Comme on le voit par ce qui précède, le mode de culture employé est très coûteux, il exige un travail constant et une fumure intensive pour donner des résultats rémunérateurs.

Les fabricants paient 40 pesetas pour la canne prise dans les champs; il faut ajouter 6 pesetas pour le transport et 14 pesetas pour frais de fabrication.

Digitized by Google

FABRICATION DU SUCRE

Les fabriques peuvent être divisées en deux catégories, savoir : les « trapiches » et les « fabricas ». Les premières sont des petites exploitations qui ne produisent que du sirop de table ; les secondes sont des usines importantes qui produisent du pilé comme 1er jet, du sucre blanc en poudre en 2e jet, du sucre roux en 3e et 4e jets. La mélasse résiduelle est employée à la fabrication de l'alcool. En général, les fabriques sont bien installées, elles appliquent une sorte de diffusion de la bagasse et en obtiennent de bons résultats. Les bagasses traitées par la diffusion contiennent 7 % de sucre et 70 % d'eau, elles sortent des diffuseurs à 0,30-0,40 % de sucre et 85-87 % d'eau, dont on extrait une partie par la pression, puis on fait sécher la bagasse au soleil.

Le jus est sulfité, ensuite neutralisé jusqu'à alcalinité par une addition de chaux, chauffé et clarifié d'après la méthode usuelle. Le jus clarifié est filtré sur noir animal, les écumes sont filtrées dans un filtre à poches, puis elles sont données au bétail.

Le sirop sortant des appareils d'évaporation est de nouveau filtré sur noir, puis il est cuit en grain fin dans l'appareil à vide, turbiné et livré à la consommation sous forme de pilé cassé en petits morceaux. Les égouts de 1er jet sont cuits en grain fin et fournissent du sucre blanc ; les égouts de 2e jet donnent du sucre roux.

La production sucrière est réglementée et ne dépasse pas la consommation du pays qui est de 100.000 t.

ANTILLES

LA MARTINIQUE

La Martinique fait partie des petites Antilles. Elle est située entre 14°23′ et 14°52′ de latitude nord et 63°6′ et 63°31′ de longitude ouest. Sa superficie est de 98.782 ha., dont environ un tiers en plaines et le reste en montagnes. La population est d'environ 170.000 habitants, dont 3.000 blancs de race pure.

Climat chaud et humide. On distingue une saison sèche qui va de novembre à mars-avril, et une saison humide qui va de mai à octobre. La température moyenne de l'année est de 27°2. Les chutes d'eau annuelles s'élèvent à environ 2 m.

La partie nord de l'île est volcanique, constituée par de la pierre

Digitized by Google

ponce et des laves ; la partie sud est argileuse. Cette différence de constitution semble démontrer que le soulèvement de l'île se serait fait en plusieurs périodes.

Culture de canne. — La canne est cultivée aussi bien en plaine que dans les montagnes. Les travaux préparatoires consistent à couper ou à brûler les herbes, à donner au sol un ou deux labours de 20-25 cm. de profondeur, suivis d'un hersage, puis à creuser des sillons dans lesquels on disposera les plants de canne. Ce sillonnage s'effectue au moyen d'une petite charrue à deux versoirs ; les raies sont distantes de 1 m. 45, de façon à permettre le passage des instruments aratoires attelés. La profondeur des sillons est de 25 cm.

Comme le terrain est en général accidenté et les pluies très abondantes, il est nécessaire de favoriser l'écoulement des eaux pluviales afin d'éviter les inondations locales et le ravinement des pentes. A cet effet, on ne se contente pas d'un drainage dans le sens attaché à ce mot, mais on creuse des canaux qui viennent se déverser dans un fossé qui conduit les eaux dans la rivière. Les canaux ont une profondeur de 30 à 40 cm. et une largeur de 25 à 30 cm.

La plantation de la canne se fait d'octobre à janvier. Les plants se composent de bouts blancs non fléchés, dont on a enlevé les feuilles. Les boutures ont 12 à 20 cm. de longueur ; on les place en terre à 1 m. les uns des autres dans des trous de 12 cm. faits au moyen d'une barre. Dans certaines habitations on plante comme à Cuba en prenant les boutures sur toute la longueur de la canne, les plaçant dans le sillon et les recouvrant ensuite de terre. A la Martinique, on donne au plant une position inclinée dans les terres très fortes, verticale dans les terres légères.

Le plant est prélevé sur des cannes mûres, bien vigoureuses. Lorsque la plantation se fait en septembre, époque à laquelle les cannes ne sont pas encore mûres, on sacrifie la récolte d'une pièce plantée et on prend comme boutures toutes les parties de la canne. Lorsque, au contraire, on plante en décembre-janvier et dans les mois suivants, qui sont ceux de la récolte, on se contente des bouts blancs comme il a été dit plus haut.

Les engrais employés sont : le fumier de ferme ou de parc, les composts, les écumes en excès additionnées de vinasses de la rhummerie. Dans certaines plantations on emploie des guanos. Les

Digitized by Google

cannes qui n'ont pas reçu de fumier reçoivent des engrais chimiques à la dose de 600 à 800 kg. par hectare. La composition de ces engrais est en général la suivante :

Superphosphate de chaux ou scories de déphosphoration .	600 kg.
Nitrate de potasse	100 »
Sulfate d'ammoniaque	100 »

Le nitrate de potasse est parfois remplacé par le chlorure de potassium, et le nitrate de soude par le sulfate d'ammoniaque.

Sous l'influence de la chaleur et de l'humidité, les mauvaises herbes se développent avec une rapidité extraordinaire. On y remédie par des sarclages, au nombre de 7 ou 8, faits à la main ou à la houe attelée. Une terre abandonnée à elle-même forme au bout de deux ans une brousse impénétrable. Le binage et l'épandage des engrais se font simultanément. Enfin, on pratique l'épaillage, qui consiste à enlever les résidus de feuilles qui persistent à leur point d'insertion ; si on laissait ces feuilles adhérentes à la tige, celle-ci serait exposée à pourrir ou à émettre des racines aériennes.

La coupe de la canne se fait au coutelas comme à Cuba et ailleurs. La canne coupée est transportée à l'usine le lendemain. Si on l'abandonne plus longtemps à elle-même dans les champs, elle s'altère sous l'influence de la chaleur. La récolte étant enlevée, on enlève la paille d'un sillon et on la met dans le sillon voisin, puis on laboure le sillon ainsi débarrassé des feuilles, on met de l'engrais chimique au pied de chaque souche (rarement du fumier), puis on étale de nouveau les feuilles sèches dans toutes les directions du champ.

Aux Antilles françaises, on ne cultive généralement que deux ou trois repousses, car malgré l'emploi des engrais, le rendement diminue d'environ 1/3 après chaque coupe.

Les cannes sont transportées des champs au chemin de fer à dos d'homme ou de femme, ou encore par des mulets. Dans les terrains accidentés ou très élevés, le transport se fait par câble métallique en utilisant la pente. On commence également à faire les transports par funiculaire raccordé à l'usine. Enfin, lorsque les circonstances s'y prêtent, on transporte les cannes par chalands naviguant par mer.

Fabrication du sucre. — Les cannes sont déchargées soit à la main, soit par basculement des wagons sur une plateforme spécialement disposée à cet effet. Les cannes tombent sur le conducteur qui les conduit au moulin. Le jus est extrait à l'aide des moulins ;

Digitized by Google

une seule usine, le Marquisat, à la Guadeloupe, emploie la diffusion.

Dans les usines du Marin et autres, on se sert du défibreur Faure qui prépare la canne à la première pression. Ce défibreur tourne à une vitesse de 3 à 4 fois plus grande que le moulin.

Sauf dans les rhummeries agricoles, on fait partout deux pressions soit avec deux moulins, soit avec un seul. Les cannes sortant du moulin tombent dans la trémie du conducteur à bagasse : deux hommes, placés à la sortie, rejettent pour les represser une seconde fois les cannes insuffisamment broyées ou les paquets de bagasse trop agglomérés. En même temps, la bagasse est arrosée d'eau chaude ou froide. L'écartement des rolls est variable : au François il est de 33 mm. à l'entrée et de 12 mm. à la sortie ; au Petit Bourg il est de 40 et 16 mm. L'imbibition est généralement de 10 %; elle va quelquefois jusqu'à 30 %.

Le second moulin est souvent plus petit que le premier ; l'écartement des cylindres est également plus faible que dans le premier moulin : 15 et 6 mm. au François, 18 et 12 mm. au Petit Bourg. On fait en sorte d'avoir toujours un excès de bagasse à presser de manière à avoir une pression à peu près uniforme. Les morceaux de bagasse insuffisamment pressés sont éliminés et remis dans le travail.

Lorsqu'on n'a qu'un seul moulin, on arrête le travail de la canne toutes les 8 à 10 minutes et on fait revenir la bagasse sur le premier moulin. Mais, les lenteurs inhérentes à ce mode de travail donnent lieu à des fermentations et à l'altération du vesou.

Voici la composition moyenne des jus dans une campagne :

	1e pression	Jus mélangé
Densité	106,38	106,02
Sucre (par hl)	13,91	13,06
Glucose	1,88	1,32
Cendres	0,26	0,36
Pureté	82,80	81,30
Coefficient salin	53,50	36,30

Le jus tombe à la partie inférieure du moulin, sous les cylindres, dans un bac en tôle, puis il s'écoule dans une rigole où se réunissent les jus de 1re et de 2e pression. Il passe ensuite sur une ou deux toiles métalliques destinées à retenir les débris de bagasse qui y sont mélangés. Ces débris sont incessamment enlevés par un gamin et mis

Digitized by Google

en avant du second moulin, ensuite ils sont élevés sur le plancher à bagasse.

Dans la plupart des usines le jus, avant d'être envoyé à la défécation, est sulfité à froid à l'aide de l'acide sulfureux produit dans des fours. A l'usine du Robert on brûle 75 gr. de soufre par tonne de canne, à celle du François 100 gr., et à celle du Petit Bourg 140 gr.

Le jus est ensuite envoyé à la défécation à l'aide d'une pompe actionnée généralement par le moulin. La défécation se fait dans des chaudières en cuivre à double fond, hémisphériques, surmontées par une partie cylindrique et chauffées par la vapeur qui circule dans un double fond. Au centre se trouve la vidange, fermée par un tampon de bois ou un robinet à grande section. Lorsque le jus est à une température voisine de l'ébullition, on y ajoute la chaux vive en poudre, à raison de 50 à 60 gr. par hectolitre de jus, soit 5 pour 10.000. On fait ensuite bouillir pendant quelques instants, puis on ferme la vapeur et laisse déposer. Lorsque le dépôt est achevé, on décante le jus clair.

A l'usine Darboussier, à la Guadeloupe, on emploie pour l'épuration le phosphate acide de chaux (Ehrmannite) concurremment avec la chaux.

A la Martinique et à la Guadeloupe, les jus sont filtrés soit sur bagasse, soit sur gravier. Quelques usines du Nord de la Martinique (Vivé, Basse-Pointe) ont des jus tellement purs qu'elles peuvent les envoyer à l'évaporation sans filtration préalable. Différemment, les filtres à bagasse sont les plus employés : on utilise à cet effet les anciens filtres à noir, ouverts, qu'on charge de bagasse ; mais celle-ci doit être renouvelée 4 fois en 24 heures. Les résidus du filtre à bagasse sont jetés à la fosse à compost. Les avis sont partagés quant à l'efficacité de ces sortes de filtres ; d'un autre côté on ne saurait nier que la bagasse véhicule des germes d'altération du jus dont on n'évite l'action qu'en renouvelant la matière filtrante toutes les 6 heures. La filtration sur bagasse entraîne une grande perte de jus, car on ne se donne pas la peine de dégraisser la matière filtrante avant de la sortir du filtre. La filtration sur sable commence à se répandre. Le sable, après usage, est simplement lavé dans un courant d'eau pour servir ensuite de nouveau.

Pour le traitement des écumes on se sert de plusieurs procédés.

Digitized by Google

Dans les sucreries qui travaillent avec l'ancien outillage, on décante le jus trouble, chargé d'écumes, dans un bac muni de chicanes : le jus trouble entre à une extrémité et sort clair à l'autre. Quand on a une quantité suffisante d'écumes, on les charge dans des sacs qu'on place entre des claies dans une presse à vis actionnée par une transmission.

Dans les usines bien outillées, les écumes sont passées au filtre-presse. Les écumes pressées sont utilisées pour l'alimentation du bétail, qui en est très friand ; différemment elles sont envoyées à la rhummerie.

L'évaporation se fait dans appareils à double, triple et quadruple effet. Il n'existe à la Martinique et à la Guadeloupe que deux condenseurs barométriques et deux pompes sèches (Lorrain et Bonne-Mère). Ces appareils sont parfois actionnés par moteur hydraulique (Lorrain).

Les appareils à cuire sont ceux de l'ancien temps. Sauf de très rares exceptions, on ne rentre pas les égouts à la cuite. On ne fait pas de cristallisation en mouvement.

La plupart des usines se servent des anciennes turbines Cail. La masse cuite sortant de l'appareil est coulée soit dans des bacs placés sous les appareils (Martinique), soit dans des wagonnets montés sur rails et dont la contenance varie selon les usines. Après un certain temps de refroidissement, la masse cuite est broyée dans un moulin à masse cuite, puis soumise au turbinage. Cette opération se fait comme pour les masses cuites de betteraves. On commence par un essorage, puis on clairce soit à l'eau, soit avec de la clairce diluée, et on termine par la vapeur. Le sucre turbiné est très dur, surtout avec l'emploi de la vapeur. Au fur et à mesure qu'on le retire de la turbine, on le verse dans un boucaut : deux hommes sont occupés à le piler en s'accompagnant de chants de leur répertoire. Ce pilage a pour but d'éviter les vides afin de diminuer la tare du fût par rapport au poids du sucre, pour l'allocation du boni de tare. Corsque le boucaut est plein, on place le fond, on rapproche les douves, on le cercle et on le cloue. Ce travail est fait par un tonnelier. Un boucaut pèse 800 à 870 kg. Les boucauts sont toujours en bois neuf et leur tare est en moyenne de 67 à 70 kg.

Les égouts de turbinage sont cuits au filet et coulés dans des bacs situés près des turbines et placés sur le dallage même de l'usine, ou à demi-enterrés. Le turbinage des bas produits se fait comme celui des premiers jets, mais il présente plus de difficulté et exige plus de

Digitized by Google

vapeur. On s'efforce de faire du sucre au titrage maximum afin de supprimer les réfactions pour humidité et l'altération du sucre par la chaleur dans les cales. On fait 3 ou 4 jets suivant les usines.

Les générateurs employés peuvent tous être ramenés au type semi-tubulaire avec ou sans bouilleurs. La pression de régime est de 5 kg. au maximum. Les chaudières sont chauffées avec la bagasse, celle-ci est brûlée dans des foyers de divers systèmes, qui sont disposés pour brûler de la bagasse seule, de la bagasse et du bois, de la bagasse et du bois et du charbon, ou du bois seul, ou du charbon seul. On ne rencontre nulle part de grilles perfectionnées avec soufflage forcé. Quand on pratique l'imbibition, la bagasse est insuffisante ; on est donc obligé de recourir à un combustible supplémentaire, tel que le bois ou le charbon. Le charbon employé est de la houille anglaise ou française, qui revient à 37-50 fr. la tonne rendue à l'usine. Les cendres de bois et de bagasse sont utilisées dans les champs [1].

LA GUADELOUPE

La Guadeloupe est située au Nord de la Martinique. Elle est divisée par la Rivière Salée en deux îles qui sont la Basse Terre et la Grande Terre ; celle-ci a une superficie de 220 milles carrés, celle-là une superficie de 365 milles carrés. Eu égard à la porosité de son sol, qui est d'origine volcanique, la Grande Terre ne possède ni ruisseaux ni rivières ; tandis que la Basse Terre, au sol argileux, est arrosée de plusieurs cours d'eau. Le climat est sensiblement le même que celui de la Martinique : chaux et humide.

L'industrie de la canne à la Guadeloupe se trouve dans une situation analogue à celle de la Martinique. Nous ne nous y arrêterons donc pas.

SAINTE-CROIX

Ile des Antilles danoises. — La culture de la canne occupe une superficie d'environ 10.000 acres. L'île comprend 4 usines centrales qui mettent en œuvre environ 20.000 t. de cannes par jour. La production sucrière a été de 13.000 t. en 1910-11.

[1] Les renseignements ci-dessus sont empruntés en grande partie à l'excellent ouvrage de M. Emile Lecier, *La Martinique et la Guadeloupe. Notes de voyage*, auquel nous renvoyons le lecteur pour plus amples détails.

Digitized by Google

CUBA

CULTURE DE LA CANNE

Pendant longtemps la canne a été plantée, sans méthode bien définie, dans les sols défrichés les plus fertiles de l'île où la production s'est souvent maintenue à un taux élevé pendant 15 et 20 années consécutives, sans replantation ni fumure. C'est pour avoir méconnu le précepte fondamental de la restitution des éléments fertilisants exportés par les récoltes que nombre de planteurs épuisèrent le sol au point de le rendre improductif autour de certaines usines où l'on remarque parfois de véritables terrains vagues.

Plusieurs systèmes de culture ont été proposés et essayés dans ces derniers temps sans avoir donné pleine satisfaction jusqu'ici. M. Earle attribue cet insuccès relatif à l'absence de jugement dans l'application d'une méthode qui ne saurait être pratiquée invariablement dans des conditions souvent très différentes ; il convient donc de la modifier et de l'adapter aux milieux où l'on opère.

La méthode couramment appliquée aujourd'hui consiste à labourer le terrain à la charrue attelée de trois ou quatre paires de bœufs et dirigée par deux ou trois ouvriers, ce qui rend le travail lent et très coûteux. On plante deux boutures côte à côte, à des intervalles de 0 m. 90, au fond de sillons ouverts par une charrue à double versoir. Le sol est ensuite nettoyé à l'aide de charrues légères, avec le cultivateur Planet, ou simplement la houe à la main. Après la récolte, les déchets sont abandonnés sur le sol, mais ils ne suffisent pas à arrêter le développement des herbes ; celles-ci sont difficilement détruites par deux ou trois binages à la houe en cours de saison.

A cette méthode, peu favorable aux repousses, le Dr Zayas a voulu en substituer une autre qui éloignait les plantes à 3 m. 35 entre les rangs et 2 m. 52 sur les rangs, et comportait un meilleur ameublissement du sol. On atteint ainsi des rendements très élevés la première année dans les terres riches ; mais, comme le fait observer M. Earle, les récoltes suivantes sont trop faibles pour faire accepter le système Zayas dans une culture commerciale.

La station expérimentale de Cuba a préconisé dernièrement un système rationnel qui favorise les repousses et réalise d'autres avantages sur les méthodes suivies jusque-là. Ce système est le suivant : labourer la terre en février-mars pour planter en octobre suivant. En

Digitized by Google

avril-mai semer du « velvet-bean » (*Mucuna utilis*) et l'enterrer à fin août avec la charrue à disques ; compléter la préparation du sol avec le pulvérisateur à disque passé en différents sens. Ouvrir les raies de plantation à 2 m. d'écartement parallèle et mélanger à la terre du fond 500 kg. par hectare d'un engrais complet, composé de parties à peu près égales des éléments essentiels (azote, potasse et acide phosphorique). Disposer ensuite dans chaque sillon une ligne de plants choisis parmi les plus belles cannes de l'année ou les plus belles repousses ; recouvrir ces plantes, au moyen du cultivateur à disques, de 5 à 8 cm. de terre fine si le sol est frais, de 15 et même 20 cm. s'il est sec. Lorsque les jeunes pousses commencent à pointer, donner un coup de herse légère dans la direction des rangs de cannes pour détruire les petites herbes, briser la croûte du sol afin de favoriser le départ des cannes. Dans la suite on peut utiliser le cultivateur ordinaire pour maïs, traîné par deux chevaux maintenus de chaque côté des rangs, pour ameublir la partie médiane des interlignes qui n'a pas été entamée. Répéter la même opération assez souvent pour détruire les herbes et pailler le sol tant que la hauteur des cannes ne constitue pas un obstacle au passage de la machine. En avril-mai semer des cow-peas (*Vigna sinensis*) dans les interlignes.

Aussitôt après la récolte, rassembler au moyen d'un râteau à cheval les déchets de cannes laissés sur le premier interligne pour les étaler dans l'interligne suivant, et poursuivre ainsi le travail sur toute la plantation qui présentera à ce moment, par bandes alternatives, la moitié du terrain nettoyé (interlignes de numéros impairs) et l'autre moitié (numéros pairs) recouverte d'un paillis d'épaisseur convenable pour s'opposer à la croissance des herbes. Labourer ensuite les interlignes à découvert, en rejetant la terre à l'opposé des rangs de cannes de façon à ce que l'engrais nécessaire tous les 3-4 ans puisse être épandu dans le sillon proche des souches, lequel est comblé peu de temps après. Continuer l'entretien et l'ameublissement des interlignes jusqu'aux pluies, époque où l'on y sème des cowpeas.

L'année suivante on agit de façon inverse, c'est-à-dire que le paillis est réservé aux interlignes de numéros pairs, tandis que les autres sont labourés et maintenus en bon état de culture.

Ce cycle cultural bisannuel maintient les plants dans des conditions que M. Earle déclare excellentes pour une production durable et soutenue. On remarquera que les racines d'une même souche se trouvent

Digitized by Google

placées, d'un côté dans un sol découvert, aéré et ameubli par de fréquentes opérations culturales, de l'autre dans un milieu rafraîchi par un paillis qui constitue finalement une bonne fumure organique.

Un autre avantage de ce système, ajoute son promoteur, est de diminuer fortement les dangers d'incendie : les interlignes exempts de paillis constituent des barrières efficaces contre l'extension des foyers. On n'ignore pas que le feu est un des plus grands périls auxquels sont exposés les champs de cannes de Cuba. En 1908, dans la seule plantation « Stewart » plus de 1.000 t. de cannes sur pied ont été brûlées.

Au point de vue économique, l'avantage serait également en faveur de la nouvelle méthode, puisqu'elle substitue en grande partie le travail mécanique à la main-d'œuvre ouvrière. Avec le système actuellement employé, le prix de revient annuel, d'après un rapport du secrétaire d'Agriculture de Cuba, s'élève à 37 dollars par acre, ou environ 1 dollar 70 cents par t. de cannes pour la culture, le transport et le broyage.

On fait généralement dix coupes de cannes sur la même plantation. Le rendement en poids diminue à partir de la première année, mais le jus augmente en densité et en pureté. Le rendement moyen n'est que de 37 à 40.000 kg. à l'ha., quoique on puisse atteindre des chiffres quadruples.

Des essais faits avec les engrais chimiques (potasse, acide phosphorique et chaux), particulièrement dans la province de Matanzas, ont donné les meilleurs résultats : on a atteint des récoltes de 115.000 kg. à l'hectare. Les variétés de cannes cultivées sont la cristalline, la blanche, la rouge ou la pourpre rayée. Les cannes de Cuba souffrent peu des maladies et des insectes.

La culture de la canne prend à Cuba une extension de plus en plus grande, les sociétés sucrières accaparent et défrichent de vastes surfaces recouvertes de forêts, sans se soucier des graves inconvénients qu'entraîne le déboisement. Dans ces dernières années, ces inconvénients se sont faits nettement sentir sur différents points de l'île par la diminution des récoltes. Ainsi, dans certains districts, la taille de la canne a diminué de 1/3 sur la moyenne normale, et les personnes éclairées n'hésitent pas à attribuer ce fait à la destruction des forêts.

On avait songé à importer à Cuba des variétés de cannes de Seedlings, susceptibles de donner des rendements encore plus élevés ;

Digitized by Google

mais les Cubains sont réfractaires aux innovations de ce genre. Ils connaissent les variétés qu'ils possèdent de longue date, tandis que les nouvelles variétés les obligeraient à faire des essais. Or, les essais de ce genre, qui ne comportent pas de grands risques dans les pays où la canne est replantée tous les ans, puisqu'ils n'affectent que la récolte de l'année, seraient une cause de ruine pour Cuba où l'on ne replante la canne que tous les 7 ans. Les rendements peuvent être encore augmentés par une culture plus soignée, par l'emploi judicieux des engrais chimiques et par la rentrée des cannes immédiatement après la coupe. Malheureusement, la rareté et la cherté de la main-d'œuvre sont ici encore un grand obstacle au progrès de l'industrie sucrière.

FABRICATION DU SUCRE

La production sucrière de Cuba, dont 1/20 de la surface est consacré à la culture de la canne, atteint annuellement environ le douzième de la production mondiale. La majeure partie de ce sucre est expédié aux Etats-Unis dont il forme la moitié de la consommation totale. Depuis l'insurrection, beaucoup d'usines dévastées ont été rebâties à l'aide des capitaux américains. Les sucreries cubaines sont généralement bien montées en machinerie moderne. La fabrication a lieu pendant la saison sèche, de décembre à juin. Une partie de l'approvisionnement des usines est fournie par les « colonos » ou fermiers cultivant leurs propres terres ou celles appartenant à l'usine. Les prix qui leur sont payés sont basés sur le sucre brut à 96°. Les cannes sont coupées à la main avec des machettes, débarrassées des feuilles et des bouts blancs, coupées en morceaux d'environ 1 m., et transportées à l'usine par voitures traînées par des bœufs ou par chemin de fer. Les cannes sont le plus souvent déchargées avec des chaînes.

L'emploi du broyeur Krajewski a donné les meilleurs résultats. Ce broyeur extrait près de la moitié du jus de cannes en déchirant les plantes en petits morceaux qui passent très bien au premier moulin dont l'entrée est généralement réglée à 50 mm. et la sortie à 25 mm. On a presque toujours trois moulins. On effectue l'imbibition entre le premier et le deuxième moulin avec de l'eau aussi chaude que possible. La quantité d'eau ajoutée varie de 3 à 8 % du poids de la canne ; elle est limitée par les frais d'évaporation. La bagasse contient 7 à 9 % de sucre, soit 2 à 2,5 % du poids de la canne. Avec un

Digitized by Google

broyeur et trois moulins on extrait environ 72 kg. de jus °/₀ kg. de cannes (sans macération), le broyeur et le premier moulin extrayant 45 kg., le deuxième 20 kg. et le troisième environ 7 kg. Le tableau suivant indique les relations entre le Brix, le sucre et la pureté des jus des différents moulins.

Plantations	Broyeur et 1er Moulin			2e Moulin			3e Moulin		
	Brix	Sucre	Pureté	Brix	Sucre	Pureté	Brix	Sucre	Pureté
1. 1904. . .	18,11	16,0	88,34	17,16	15,2	88,52	15,56	13,0	83,55
1. 1905. . .	17,63	15,64	88,76	16,95	14,66	86,51	16,40	13,7	83,56
2. 1904. . .	20,1	18,3	91,06	19,06	16,4	86,04	18,68	15,8	84,57
2. 1905. . .	19,75	16,9	85,5	19,05	16,05	84,02	18,5	15,2	82,16
3. 1904. . .	20,00	18,19	90,97	18,85	16,49	87,46	18,68	16,10	86,21
3. 1905. . .	18,70	16,76	89,60	18,55	15,99	86,21	17,25	14,68	85,09
4. 1905 (pas de broyeur)	17,40	15,51	89,13	16,6	13,88	85,97	»	»	»
5. 1905 (pas de broyeur)	19,16	17,09	89,12	18,01	15.11	83,9	17,98	14,98	83,35

Pour le chaulage des jus la chaux nécessaire est ajoutée le plus souvent sous forme de lait de chaux à 12-15° Baumé de façon à neutraliser l'acidité et même à avoir une légère alcalinité au tournesol. D'après les essais de l'auteur, la chaux continue à donner un précipité après neutralité au tournesol ; et pour obtenir un jus bien clair et bien déféqué, il est nécessaire d'ajouter de la chaux à un point compris entre la neutralité au tournesol et celle à la phtaléine. Le chaulage et la défécation se font ordinairement dans de simples petits bacs. Quelques usines ont installé le procédé Deming, qui a donné de bons résultats. Dans les sucreries modernes on emploie le filtre-presse avec toiles de jute ou de coton pour filtrer les écumes. Les tourteaux contiennent environ 60 °/₀ d'eau et 6 à 12 °/₀ de sucre.

L'évaporation se fait en général dans des appareils à triple-effet.

Le quadruple-effet est peu employé, et c'est dommage, car il permettrait de faire l'évaporation plus économiquement et de réduire considérablement la dépense de combustible additionnel.

La rentrée des égouts dans la cuite, inaugurée par M. Manoury, est très répandue ; aussi il n'est pas rare de rencontrer des mélasses à 30° de pureté finale après le second jet. Ces mélasses sont vendues aux distilleries pour la fabrication de l'alcool. Dans un grand nombre de fabriques le sucre de 2e jet est mélangé avec celui de 1er jet, soit

Digitized by Google

dans les cristallisoirs, soit au centrifuge ou même après le turbinage.

Le sucre 1er jet est vendu sur la base de 96° de polarisation plus 1/32 cent par livre pour chaque degré au-dessus, 1/16 cent en moins pour chaque degré au-dessous et proportionnellement pour les fractions. Le sucre 2e jet est vendu sur la base de 89° de polarisation, avec 1/32 cent par livre pour chaque degré au-dessus et 3/32 cent en moins par chaque degré au-dessous.

Le prix de la mélasse épuisée est de 3-4 cents par gallon (3 l. 78) livrée à l'usine; la mélasse à 50° de pureté est payée jusqu'à 8 cents le gallon. Autrefois les mélasses étaient utilisées dans le pays même pour la fabrication de l'alcool, mais depuis que le gouvernement prélève un droit d'accise sur les produits de la distillerie, cette industrie a peu à peu diminué dans les plantations. La majeure partie des mélasses est vendue maintenant au trust du whisky (Etats-Unis), une autre partie est expédiée en Europe ou jetée à la mer.

La bagasse est employée comme combustible ; les feuilles, comme nous l'avons dit, sont laissées sur le sol pour empêcher l'évaporation de l'humidité. La production de la vapeur n'est pas installée économiquement, les chaudières fonctionnent avec un excès d'air ; par suite, la bagasse est loin de suffire aux besoins des usines, quoique la canne contienne 10 à 11 % de fibre et qu'on ne fabrique qu'une seule sorte de sucre brut. Le combustible supplémentaire est le bois.

La capacité des usines varie considérablement. On en rencontre de très petites à côté de très grandes. Les usines appartenant à des Américains broient environ 3.600 t. par 24 heures avec trois jeux de moulins à 3 rolls, précédés d'un crusher, soit 11 rolls pour chacun. Malgré la puissance de ces moulins, l'extraction du jus est loin d'atteindre au même taux qu'aux îles Hawaï. Il y a à cela deux raisons : la première est qu'à Cuba le moment de la récolte dépend essentiellement de l'état de la température et que la fabrication a lieu uniquement dans la saison sèche : si la pluie survient avant l'achèvement de la fabrication il devient impossible de faire les charrois, et la canne restée dans les champs est en quelque sorte perdue pour la fabrication. C'est pourquoi les fabricants s'efforcent de broyer la plus grande quantité possible de cannes dans le temps le plus court, et attachent moins d'importance à la quantité de sucre qui peut rester dans la bagasse.

Digitized by Google

En outre, les salaires payés à Cuba sont très élevés, soit de 5 à 7 fr. par jour ; on s'efforce dès lors de travailler le plus de cannes possible, afin de répartir les frais sur une plus grande production.

Aussi, le taux d'extraction du sucre de la canne est moins élevé à Cuba qu'ailleurs, quoique les fabricants se servent du même outillage ; cependant l'épuisement des écumes, des mélasses, etc., est parfaitement normal.

Le contrôle chimique est encore peu appliqué à Cuba ; cependant quelques firmes espagnoles et américaines établissent un contrôle analogue à celui qui fonctionne aux îles Hawaï et à Java.

*
* *

Analyses de sucres bruts de Cuba (1)

Polarisation	Cendre	Eau	Glucose	Mat. organique
97,00	0,32	1,40	0,52	0,76
94,30	0,63	1,01	1,74	2,32
94,50	0,61	1,21	1,79	1,89
95,10	0,67	1,37	1,15	1,71
94,50	0,60	1,53	1,47	1,90
96,10	0,57	0,73	1,36	1,24

Ces sucres fermentent rapidement. Voici les analyses de sucres (reçus par une raffinerie) provenant d'une même usine et ayant à l'origine une même polarisation (2) :

1896	Janvier	Février	Mars	Août	Décembre
Polarisation. . .	96,30	96,40	96,10	95,30	93,50
Cendres	0,46	0,54	0,56	0,50	0,51
Eau.	1,02	1,11	1,21	1,10	1,27
Glucose	1,11	0,76	0,91	1,44	2,98
Mat. organiques .	1,12	1,19	1,22	1,66	1,73

La mélasse résiduelle est vendue le plus souvent aux distillateurs ; une partie en est brûlée. Elle a la composition suivante (3) :

	I	II	III
Polarisation directe	35,8	28,60	31,80
» Clerget	40,85	35,40	31,96
» par inversion	»	35,72	»
» par méthode Sawyer .	»	27,50	»
Cendres.	6,96	»	15,54
Eau	25,27	20,84	18,92
Glucose.	15,70	»	13,33
Matière organique.	11,25	»	20,25

(1) Labroy. — *Journ. d'Agric. trop.*, 1909, p. 140 ; W. D. Horne, *Journ. of the Soc. of chem. Ind.*, février 1906.

(2) W. D. Horne. — *Journ. of the Soc. of Chem. Ind*, février 1906, *Bull. Ass.*, sept. 1906.

(3) D'après W. D. Horne. — *Loc. cit.*

Digitized by Google

Composition des cendres de ces mélasses :

Fer et alumine	0,85	Cl	10,32
CaO	9,60	P^2O^5	6,06
MgO	0,56	SiO^2	3,21
K^2O	28,34	CO^2	24,18
Na^2O	2,95	H^2O	0,19
SO^3	9,86	Indéterminé	3,28

On fabrique parfois de la Molascuite, dont la composition est la suivante :

Eau	29,42	Non-sucre organique	9,27
Fibre	20,93	Cendres solubles	7,76
Sucre	26,05	» insolubles	0,51
Glucose	6,06		

L'idée de contrôle chimique-scientifique gagne du terrain à Cuba. Quelques essais ont été tentés pour faire du papier avec la bagasse, mais les résultats obtenus jusqu'à présent sont peu favorables.

PORTO-RICO

L'île de Porto-Rico, située vers le 18° de latitude Nord, se prête admirablement à la culture de la canne à sucre qui y occupe une superficie de 76.000 ha. (sur une superficie totale de 934.000 ha.). Elle est traversée de l'est à l'ouest par une chaîne de montagnes qui déverse la plus grande partie des eaux, torrentielles et souterraines, sur les versants nord et sud dont les plaines, composées en majeure partie de terres d'alluvion, sont les plus fertiles.

La conséquence de cet état de choses se manifeste dans la répartition des sucreries, qui sont établies en presque totalité sur les côtes nord et sud. La canne étant cultivée dans les plaines situées entre la montagne et la mer, on peut utiliser la plupart des cours d'eau pour l'irrigation des champs de cannes et remédier ainsi aux dangereux effets des sécheresses prolongées qu'on observe surtout sur la côte sud. Mais, si la sécheresse présente des inconvénients, elle a aussi ses avantages, en permettant d'étendre la durée de la fabrication du commencement de décembre jusqu'à fin août. Cette longue durée de la fabrication exige de la culture une certaine souplesse pour fournir de la canne mûre pendant toute la durée de la campagne. On atteint ce résultat au moyen des plantations dites de grande, de moyenne et de petite culture. On désigne sous le nom de plantations de grande culture toutes celles qui sont faites du mois d'août au mois de novembre ; les plantations de moyenne culture se font de décembre à février, et

Digitized by Google

celles de petite culture de mars à mai. On remplace parfois les cannes de petite culture par des repousses provenant de la coupe des cannes de moyenne culture.

Cette façon de cultiver est plus coûteuse que celle suivie à Cuba où l'on cultive les repousses jusqu'à dix années successives, mais il y a compensation dans les rendements à l'hectare qui sont beaucoup moins élevés à Cuba qu'à Porto-Rico où ils atteignent de 50 à 100 t. à l'ha., suivant la fertilité du sol.

La méthode de culture, d'ailleurs, est encore toute primitive. La plantation se fait dans des trous creusés à la houe, quoique les terres se prêtent admirablement au travail mécanique, les autres façons culturales se donnent également à la main. Cette routine, qui tient davantage à la difficulté de dresser les indigènes à la conduite des machines modernes qu'à l'ignorance des propriétaires, ne saurait persister sans nuire à l'industrie sucrière de l'île qui se trouve ainsi placée dans des conditions économiques désavantageuses vis-à-vis des centres voisins qui sont déjà entrés dans la voie du progrès.

Deux stations expérimentales agricoles ont été fondées, l'une à Mayaguez, l'autre à Rio-Pedras ; les planteurs en tireront certainement des renseignements utiles, surtout au point de vue de l'emploi judicieux des engrais (1).

Fabrication du sucre. — Depuis l'abolition par les Etats-Unis des droits d'entrée sur les sucres provenant de Porto-Rico, l'industrie sucrière s'est développée de façon prodigieuse dans cette île des Antilles. De puissantes usines y ont été construites : on y compte actuellement 42 sucreries dites centrales dont quelques-unes d'une capacité de 4.000 t. de cannes. La plupart d'entre elles ont des exploitations agricoles. Cependant elles achètent également des cannes à des planteurs particuliers : la canne ainsi achetée est payée suivant les cours du sucre à New-York. Le rendement en sucre est d'environ 12,3 %. Les ouvriers agricoles sont payés 2 fr. 75 à 4 fr. par jour, les ouvriers de la sucrerie 3 fr. à 4 fr. 50 et les ouvriers dits mécaniciens jusqu'à 6 fr. 25.

A Porto-Rico on produit deux sortes de sucre : 1° le *sucre Moscovade*, 2° le *sucre cristallisé*. Les usines qui fabriquent la moscovade travaillent à feu nu et avec un outillage des plus primitifs, qui se

(1) Cf. Manoury.— La sucrerie à Porto-Rico. *Bull. Ass.*, juillet-août 1906.— Labroy. *J. d'Agric. trop.*, 1909, p. 140. — L. Lahousse, Notes de voyage à Porto-Rico. *Bull. Ass.*, nov, 1911. p. 272.

Digitized by Google

compose en général de moulins à trois cylindres pour l'extraction des jus ; ceux-ci s'écoulent dans des chaudières à feu nu où se fait le chaulage et la clarification. Les jus clarifiés sont élevés dans les évaporateurs à air libre où ils sont concentrés jusqu'à l'épreuve du filet. La masse cuite ainsi obtenue est coulée dans des bacs en bois où s'opère la cristallisation par refroidissement. La cristallisation terminée, on loge la masse dans des boucauts, qui ne sont autre chose que des tonneaux en bois, que l'on place sur des égouttoirs afin de séparer par égouttage la mélasse des cristaux de sucre.

Lorsque la purge est achevée, les cristaux de sucre restant dans les boucauts constituent la moscovade dont la polarisation varie de 85 à 90. Ce sucre a une saveur très agréable et fort appréciée des amateurs ; il en est de même de l'égout qui en provient, lequel trouve un débouché très lucratif pour la fabrication du *golden syrup* qui, en Angleterre et en Amérique, fait une large concurrence au sirop d'érable.

Malgré le goût savoureux des produits des usines à feu nu, les sucreries modernes les absorbent de plus en plus, et le temps n'est pas éloigné où elles auront complètement disparu.

Les sucreries modernes qui produisent le *sucre cristallisé* travaillent toutes avec les appareils à vide. On trouve d'ailleurs à Porto-Rico à peu près toutes les nouveautés en fait de matériel de sucrerie. Ainsi, l'île possède deux installations complètes d'évaporation du système Kestner : l'une est un triple-effet pour 500 t., qui fonctionne à l'usine Sainte-Marie, à Vieques ; l'autre est un quadruple-effet de 1.000 tonnes installé à l'usine de Pasto-Viejo, à Humaco, dont nous avons donné la description. Une seule usine à Porto-Rico (La Fortuna) a installé la diffusion de la bagasse de Naudet. Presque tout le sucre produit à Porto-Rico est du sucre brut, polarisant 96° ; on produit, en outre, environ 10.000 t. de moscovade et environ 14.000 t. de sucre de 2e jet. Les mélasses épuisées, d'environ 40 de pureté, servent à fabriquer du rhum ou sont exportées pour la consommation directe.

Porto-Rico compte une quinzaine de grandes usines centrales dont la production individuelle varie de 7 à 57 t. (1910-11), en outre 29 usines centrales moins importantes, et enfin 72 petites usines mues à l'aide de manèges à bœufs et qui ne fabriquent que de la moscovade. Le sucre entre aux Etats-Unis en franchise.

Digitized by Google

Les mélasses provenant de l'épuisement des masses cuites trouvent acheteurs aux Etats-Unis et en Angleterre pour tout ce qui n'est pas employé à la fabrication du rhum consommé à Porto-Rico. L'installation des distilleries de mélasses y est très sommaire, et la fermentation peu soignée des moûts livre souvent des rhums de qualité médiocre. Ces rhums sont presque exclusivement consommés à Porto-Rico où la consommation atteint annuellement environ 40.000 hl. à 25° Cartier. Cette énorme consommation s'explique par ce fait que le rhum avec de l'eau constitue la boisson habituelle des indigènes.

LA BARBADE (ANTILLES ANGLAISES)

Le sol, d'origine corallienne, est recouvert seulement d'une faible couche de terre arable. La plantation se fait par trouaison, la canne est coupée au bout de 12 à 15 mois ; la canne de repousse est coupée au bout d'un an. L'emploi des engrais est très répandu : la terre est fertilisée par l'épandage de fumier de ferme, de superphosphate, de scories de déphosphoration, de sulfate d'ammoniaque, de nitrate de soude et de guano.

Bien que la plupart des fabriques soient bien installées et travaillent d'après les méthodes scientifiques, on en rencontre encore un grand nombre qui travaillent en chaudières ouvertes à feu nu et ne produisent que la moscovade. Le mode de fabrication est le suivant : Le vesou, chauffé jusqu'à l'ébullition, est clarifié dans des chaudières de clarification, d'où il est écoulé dans une série de chaudières ouvertes en cuivre, pour être soumis à l'évaporation. Sous les chaudières, on brûle la bagasse séchée au soleil, de la paille et du bois. Dans certaines fabriques, la concentration du jus s'achève dans une chaudière spéciale dite chaudière d'Aspinall, chauffée par la vapeur.

Lorsque le sirop atteint la densité voulue, il est coulé dans de grands bacs rectangulaires où il cristallise. On y installe parfois un agitateur qui remue la masse. La cristallisation étant achevée, on charge la masse dans des barils en bois à fond perforé de trous, et placés sur une gouttière qui reçoit la mélasse qui s'en écoule. Au bout de 15 jours à 3 semaines, on bouche les trous et le sucre est prêt pour l'expédition.

La composition des sucres ainsi préparés est la suivante :

Digitized by Google

Composition des sucres préparés

Polarisation	83 à 88°
Glucose	4,40 à 6,98
Cendre	0,47 à 2,66
Eau	3,42 à 4,66
Indéterminé	2,21 à 4,30

Il y a actuellement 335 fabriques de sucre, dont 221 sont mues par des moulins à vent. La plupart de ces fabriques produisent la moscovade d'après l'ancienne méthode ; un très petit nombre possèdent la chaudière à cuire dans le vide. Mais, il ne faudrait pas en conclure qu'en agissant ainsi, les fabricants soient esclaves de la routine : ils tiennent simplement à conserver sa valeur à la mélasse de chaudière ouverte, qui est exportée en grandes quantités aux Etats-Unis, au Canada et à Terre-Neuve.

L'introduction de l'appareil à vide permettrait d'augmenter la production sucrière, mais la mélasse qu'on en obtiendrait perdrait de sa valeur et serait invendable. Le prix actuel des mélasses polarisant 55° est de 50 fr. 50 la t. ; dans certaines années elle a été vendue jusqu'à 125 et 150 fr.

La teneur saccharine de la canne est de 13,50 % en moyenne ; on en obtient environ 7,5 % de moscovade et 3,5 % de mélasse.

La production sucrière a été de 32.514 t. en 1911.

ILE DE LA TRINITÉ (ANTILLES ANGLAISES)

La plus grande des petites Antilles anglaises ; sa superficie est de 1.754 milles carrés. Le sol est très fertile et très propre à la culture de la canne à sucre ; celle-ci est surtout cultivée dans le centre ouest de l'île.

Il existe à la Trinité 16 fabriques de sucre qui ont produit en 1909 52.972 t. par la mise en œuvre de 606.464 t. de cannes, ce qui donne un rendement de 8,74 %.

LA JAMAÏQUE (ANTILLES ANGLAISES)

Une des grandes Antilles anglaises, située dans la mer des Antilles, à 90 milles de Cuba. L'île est très montagneuse, par suite la température varie considérablement : de 20 à 30° C. au niveau de la mer, elle descend jusqu'à 7° pendant les nuits dans les montagnes.

Sur les 750.000 acres soumis à la culture, 26.180 sont consacrés à la canne à sucre. Malgré cela, la production sucrière ne dépasse pas

Digitized by Google

19.414 t. (1911), parce que les fabricants se préoccupent surtout de produire de la mélasse de bonne qualité pour la fabrication du rhum.

Le nombre de sucreries, peu importantes, est de 83, dont trois sont des sucreries dites centrales ; sur les 80 sucreries restantes, 12 seulement ont des appareils à cuire dans le vide, les autres ne font que de la moscovade et du rhum.

ILES SOUS LE VENT (ANTILLES ANGLAISES)

Les seules îles de ce groupe qui ont une certaine importance au point de vue de la fabrication du sucre sont : Sainte-Lucie et Saint-Vincent. Sainte-Lucie possède 4 usines centrales qui travaillent avec des chaudières à cuire dans le vide ; elles exportent environ 5.000 t. de sucre par an.

Très florissante autrefois à Saint-Vincent, la fabrication du sucre a diminué considérablement depuis l'abolition de l'esclavage. En dernier lieu, l'exportation est tombée à 600 t.

RÉPUBLIQUE DE SAINT-DOMINGUE (PARTIE ORIENTALE DE L'ILE D'HAÏTI)

Située dans la mer des Caraïbes entre 17°37′ et 19°57′ et latitude Nord et 68°21′ et 74°30′ de longitude ouest. L'île est traversée de l'est à l'ouest par trois chaînes de montagnes séparées par de larges vallées très fertiles. Le climat est chaud et humide ; les saisons sèches et humides varient suivant les parties de l'île. Dans le district de San Pedro, le plus important pour la culture de la canne, la saison sèche va de décembre à mai, et la saison pluvieuse de juin à décembre. Les chutes de pluie atteignent 60 pouces, mais elles sont insuffisantes pour la végétation de la canne ; on y supplée par l'irrigation. La température moyenne de l'année est de 26°5. L'île est exposée aux tremblements de terre, aux ouragans et aux éruptions volcaniques.

En 1790, l'île comptait 800 sucreries et exportait en moyenne 65.000 t. de sucre. La révolution de 1791 entraîna la ruine des plantations. Actuellement la production sucrière est dénuée d'importance ; la majeure partie de la canne cultivée sert à fabriquer du tafia.

La canne est cultivée principalement dans le sud, près de San Pedro de Macoris, dans les plaines d'Arua et de Romana et dans les vallées de San Domingo. On ne trouve pas de sucreries dans l'inté-

Digitized by Google

rieur. Les fabricants de sucre sont généralement propriétaires de leurs terrains et cultivent eux-mêmes une partie de leurs cannes ; le reste est planté par des colons (colonos). Ceux-ci reçoivent les terres sans payer de fermage à la seule condition d'y planter de la canne ; le propriétaire leur fait en outre des avances d'argent, d'instruments aratoires et de bêtes de trait. Ils doivent livrer les cannes à un prix déterminé aux gares du chemin de fer qui les transporte à l'usine. Les colons emploient à leur tour des nègres qui viennent de San Thomé ou d'ailleurs en décembre et s'en retournent en mai ; ils gagnent 2 fr. 50 à 3 fr. 75 par journée de 12 heures.

Le sol est de formation calcaire, bouleversé par endroits par les éruptions volcaniques. Pour l'irrigation, on se sert des eaux souterraines élevées à l'aide de puits artésiens qu'on peut forer partout dans le calcaire.

Les variétés de cannes les plus cultivées sont la caña cristallina. vert jaunâtre, et la caña blanca ; celle-ci est moins répandue quoique plus riche en sucre. Ces deux variétés sont identiques à celles de même nom qui sont cultivées à Cuba. Les travaux de culture se réduisent à peu de chose. On n'emploie presque pas d'engrais. Quand on plante dans une terre vierge, on se contente de mettre le feu aux broussailles et de creuser un trou dans lequel on pique deux ou trois boutures qu'on recouvre d'un peu de terre. Au bout de 14-16 mois la canne mûrit et l'on procède à la récolte ; on se contente ensuite de recouper les repousses tous les ans aussi longtemps qu'elles donnent un rendement suffisant pour rémunérer le travail, c'est-à-dire jusqu'à ce que le rendement tombe à 18 t. par acre. Pour faire une nouvelle plantation, on retourne les souches à la charrue et on place des boutures dans les sillons, qui ont 14-16 cm. de profondeur. La canne de plantation est seule buttée ; après la coupe on se contente de recouvrir les souches de feuilles et d'égaliser la terre entre les lignes. Dans les sols vierges, la canne donne des rendements très élevés (jusqu'à 90 t. à l'acre) ; les tiges sont longues et pesantes, mais de qualité médiocre. Les cannes de repousse sont meilleures. Dans les sols riches en humus on peut faire 20 récoltes de cannes sans replanter. La plantation se fait en juin ou en octobre et la récolte de décembre à avril.

La plupart des sucreries travaillent encore avec l'ancien outillage. On ne fait le plus souvent qu'un seul broyage, sans imbibition. Le

Digitized by Google

jus est épuré par défécation et clarification. On se sert rarement de filtres-presses ; par suite, on jette les écumes sans les presser. Le jus est évaporé en triple-effet et cuit dans l'appareil à vide. Le sucre de 1er jet polarise 95-97°, celui de 2e jet polarise 94° et est parfois soumis à la refonte. Les mélasses épuisées servent à fabriquer du rhum ou sont jetées.

Malgré l'imperfection des installations, la canne rend 9 à 11 °/₀ de sucre ; le jus titre souvent 20° Brix et a une pureté de 85-90 dans le cas d'une seule pression.

Une partie du sucre est expédiée aux Etats-Unis ou en Angleterre, l'autre est consommée à Haïti ou à Saint-Domingue soit à l'état brut, soit à l'état de sucre blanc obtenu par turbinage et clairçage.

La production sucrière a été de 76.296 t. en 1911. Sur les 11 usines de l'île, 1 appartient à des Cubains et toutes les autres sont dirigées par des Américains. Dans le district de Romano une compagnie américaine plante de la canne et l'expédie à son usine de Porto-Rico, de manière à ce que le sucre produit puisse entrer en franchise aux Etats-Unis. L'instabilité du gouvernement et les troubles incessants éloignent les capitaux de l'île, ce qui empêche les installations de se mettre au niveau des progrès modernes.

AMÉRIQUE DU NORD

LOUISIANE

En Louisiane, à cause du froid, la canne arrive rarement à maturité. Il s'ensuit que sa composition diffère de celle des cannes des pays tropicaux.

Composition de la canne à sucre (Halligan et Agee)

	Feuilles	Tiges	Racines	Graines
Eau	74,38	74,96	68,79	11,03
Cendres	2,23	0,64	1,87	5,22
Graisse et cire	0,69	0,38	0,54	2,01
Pratéine brute	1,70	0,58	1,59	8,47
Ligneux — Cellulose brute	9,18	4,86	9,58	25,51
Ligneux — Pentosanes	5,49	3,04	7,04	26,26
Ligneux — Corps ligneux	4,18	2,14	4,25	21,50
Sucres, etc.	2,20	13,40	6,34	»
	100,00	100,00	100.00	100,00

Digitized by Google

Le jus est généralement extrait par les moulins. Sur 260 usines, il n'y en a que trois qui ont installé la diffusion. L'emploi de la bagasse pour la fabrication du papier favoriserait le procédé par diffusion. Le jus présente la composition moyenne suivante :

Csmposition du jus de cannes (1)

Eau	85,00	Acides combinés	0,15	
Cendres	0,40	Pectines	0,10	
Mat azotées	0,26	Graisse et cire	0,10	
Saccharose	12,00	Particules fibreuses	0,12	Impuretés méc. apportées par le broyage.
Dextrose	1,00	Impuretés	0,06	
Lévulose	0,70	Tannin, mat. color. etc.	0,10	
Acides libres	0,10			

Composition des cendres de jus de cannes (1)

	Cannes du pays		Cannes seedlings	
	Pourpre	Rubannée	Demerara 74	Demerara 95
K^2O	49,63	47,65	44,21	40,66
Na^2O	1,81	3,79	1,11	0,68
CaO	3,00	3,79	4,62	4,33
MgO	3,21	3,73	7,45	5,70
Fe^2O^3	0,70	0,45	1,15	1,48
Al^2O^3	0,40	0,32	0,18	1,25
SiO^2	4,80	5,92	6,20	9,30
P^2O^5	5,80	6,38	5,31	5,39
SO^3	20,40	20,59	22,46	23,69
CO^2	4,10	3,30	3,40	3,40
Cl	5,80	5,83	5,36	3,26
Carbone et indéterminé	2,97	3,55	0,97	2,38

Composition de jus de différents moulins

	1er Moulin	2e Moulin	3e Moulin
Extraction	64,50	5,50	2,13
Brix	15,36	14,60	14,60
Saccharose	12,93	14,41	11,30
Sucres réducteurs	1,54	1,29	1,23
Cendres	0,37	0,58	0.77
Mat. azotées	0,18	0,50	0,58
Acides libres	0,10	0,11	0,14
Acides combinés	0,14	0,15	0,12
Pectines et gommes	0,10	0,56	0,51
Pureté	84,07	78,15	77,39
Rapport glucosique	11,91	11,30	10,88

(1) D'après C. A. Brown. Mémoire présenté au Congrès Intern. de chimie appl. Rome, 1906.

Digitized by Google

Clarification et évaporation du jus. — Un certain nombre de procédés sont en usage en Louisiane pour la clarification du jus. Généralement on sulfite jusqu'à une acidité de 5 à 10 cm³ d'acide décinormal pour 100 cm³ de jus. On neutralise ensuite par la chaux. La carbonatation n'est employée que dans une seule usine. Dans quelques fabriques on emploie comme clarifiant de l'acide phosphorique ou du phosphate acide de chaux.

Dans une soixantaine d'usines l'évaporation et la cuite se font encore à l'aide de bassines ouvertes. On obtient un sucre de faible degré, mais les égouts et les mélasses sont très appréciés, car la caramélisation partielle du sucre leur communique une saveur agréable qui plaît aux consommateurs. Dans les autres usines on emploie les appareils à cuire dans le vide, depuis les appareils plus ou moins primitifs jusqu'à ceux à quadruple-effet.

Les méthodes de travail des masses cuites varient suivant les usines ; on fait généralement trois jets avec travail en emplis. C. A. Brown [1] donne la composition détaillée de tous les produits dans l'usine, depuis la canne jusqu'à la mélasse évacuée, et la proportion obtenue de chacun de ces produits suivant que les cannes mises en œuvre sont pauvres, moyennes ou riches en sucre. Ces tableaux montrent les différences obtenues suivant la pureté initiale du jus et le mode de travail. On constate aussi que pendant leur séjour aux emplis, les masses cuites subissent des variations chimiques qui changent complètement la constitution des non-sucres de la mélasse. Tout d'abord on constate une différence entre le rapport de la dextrose à la lévulose dans le jus brut et dans la mélasse finale. L'excès de lévulose dans les mélasses de cannes a été aussi signalé par Pellet et Stein.

Quoique les méthodes de dosage de la lévulose et de la dextrose dans un milieu si complexe manquent de précision, les résultats montrent bien la grande prépondérance des matières lévogyres dans la mélasse de cannes, ce qui indique la formation de nouveaux produits de la transformation d'une part de la dextrose en corps réducteurs qui ont une polarisation moindre. Cette dernière hypothèse est la plus plausible, car il est bien établi que par l'action des alcalis ou de leurs sels, les sucres réducteurs (dextrose, mannose, lévulose)

[1] La composition de la canne à sucre et de ses produits en Louisiane (Mémoire présenté au Congrès Internat. de chimie appl., Rome, 1906). *Ass. Bull.*, sept. 1906.

Digitized by Google

sont facilement transformables les uns en les autres. L'alcali dissous suffit pour transformer une quantité considérable de chaque sucre en son homologue. La sulfitation a pour effet de coaguler et de précipiter les matières albuminoïdes, ainsi qu'une petite quantité de matières minérales. L'addition de chaux donne naissance à du sulfite de chaux qui s'oxyde peu à peu en sulfate (en 4 à 6 semaines) dont une grande partie se retrouve avec les sucres de 2e et 3e jets.

Composition des cendres de diverses mélasses

	Moulins avec sulfitation	Diffusion sulfitation	Chaudières à feu nu	Carbonatation
K^2O	49,48	52,20	51,48	50,16
Na^2O	0,89	0,80	1,11	0,32
CaO	6,47	6,78	6,58	8,53
MgO	4,29	3,09	3,99	2,66
Fe^2O^3	0,35	0,33	0,15	0,47
Al^2O^3	0,30	0,22	0,13	0,30
SiO^2	4,12	4,59	2,83	4,10
P^2O^5	3,71	3,80	2,12	0,91
SO^3	10,79	6,72	10,94	11,18
CO^2	7,49	11,19	13,06	15,78
Cl.	14,00	11,95	9,10	4,59
Indéterminé	1,27	1,03	0,56	2,04
Alcalinité (cm^3 d'acide $\frac{n}{10}$ par gr. de cendre)	80 cm^3	93 cm^3	95 cm^3	109 cm^3

MEXIQUE

La République du Mexique est située au sud des Etats-Unis d'Amérique, entre 14° 31′ et 32° 42′ de latitude N. et 86° 46′ à 117° 8′ de longitude O. Sa superficie est de 750.000 milles carrés ; sa population de 13.605.819 habitants (en 1900), soit 18 habitants par mille carré, et se décompose en 19 % de blancs, 42 % de métis et 38 % d'Indiens.

La canne à sucre est cultivée principalement dans les vallées fertiles du golfe de Mexico et de la côte du Pacifique ; elle est particulièrement florissante dans les Etats de Morelos, Vera Cruz, Puebla, Michoacan, Jalisco, Sinaloa, Guerrero et Tepic.

Le sol et le climat d'un grand nombre de régions du Mexique sont excessivement favorables à cette culture ; mais, comme les pluies sont insuffisantes, il est nécessaire de pratiquer l'irrigation pour amener la canne à son développement normal. La plantation est suivie

Digitized by Google

de 7 à 9 repousses qui donnent facilement des récoltes annuelles de 40 t. de cannes par acre, quoique l'usage des engrais soit encore peu répandu.

La canne est très lourde, riche en sucre; mais la fabrication laisse tellement à désirer que le rendement en sucre ne dépasse guère 6 % du poids de la canne. Beaucoup de fabriques sont très petites et ne produisent annuellement que quelques tonnes de sucre. Seul, le district de Mexico possède quelques usines importantes.

En 1910-11, la production de sucre cristallisé a été de 161.602 t.; il convient d'ajouter environ 50.000 t. de sucre concret (piloncillo ou panela) qui est fabriqué surtout dans les petites usines.

L'industrie sucrière du Mexique a un bel avenir. Même actuellement, en dépit des méthodes primitives de culture et de fabrication, elle prend de l'extension et il est impossible de lui assigner une limite exacte le jour où des capitaux suffisants et une direction scientifique viendront lui donner l'impulsion nécessaire. D'ailleurs, la main-d'œuvre est abondante et bon marché, et de vastes surfaces d'une grande fertilité sont encore incultes.

Malheureusement, la situation politique est peu favorable aux entreprises industrielles; le jour où un gouvernement stable présidera aux destinées du pays, la sucrerie pourra y acquérir une importance égale à celle qu'elle a à Java et aux îles Hawaï.

AMÉRIQUE CENTRALE

GUATÉMALA

La République de Guatémala est située entre 30° 42 et 17° 49° Lat. N. et 88° 10 et 92° 30 long. O. Sa superficie est de 48.600 milles carrés et sa population de 1.991.261 hab. Environ 6.000 acres sont consacrés à la culture de la canne, dont la moitié appartient à de grands propriétaires qui fabriquent du sucre cristallisé, l'autre moitié étant entre les mains de petits propriétaires qui produisent du « panela » (jus de canne évaporé). Il y a environ 11 fabriques du premier groupe et 40 du second; toutes sont situées dans le district de Guatémala. La plus grande usine, celle de Pantaléon, produit environ 2.000 t. de sucre, tandis que celle de Concepcion en produit 1.500 et celle de Chocola 1.000. La production entière, y compris celle du « panela », s'élève à environ 15.000 t. La consommation annuelle du pays est d'environ 11.500 t.

Digitized by Google

On exporte du panela aussi bien que du sucre turbiné. L'exportation du panela en Angleterre a été de 1.472 t. en 1907 ; ce produit est employé dans la fabrication du stout.

SALVADOR

La République du Salvador est le plus petit des Etats de l'Amérique centrale. Sa superficie ne dépasse pas 8.150 milles carrés. Sa population est de 1.707.000 habitants. La canne à sucre y est très répandue ; elle y est cultivée en vue de la fabrication du « panela » ou jus concentré. Il y existe aussi quelques fabriques de sucre qui produisent du cristallisé. La production en 1910-11 a été de 7.380 t. de sucre cristallisé, 10.000 t. de panela et de 2.373 t. de mélasse.

HONDURAS

Sa superficie est de 46.250 milles carrés et sa population de 745.000 habitants. La canne à sucre est cultivée dans tout le pays jusqu'à une altitude de 10.000-13.000 pieds ; elle est mise en œuvre dans un certain nombre de petites fabriques actionnées à l'aide de manèges attelés de bœufs, et qui produisent une sorte de sucre brut analogue au « panela ». La production est d'environ 1.500 t. par an. Les plantations de cannes occupent une superficie de 12.500 acres.

HONDURAS ANGLAIS

On y trouve 49 fabriques de sucre en activité, dont 2 marchent au moteur à pétrole, 11 à la vapeur et 36 au manège attelé de bœufs. Une fabrique produit du sucre blanc, une autre du sucre roux. La mélasse obtenue est parfois transformée en alcool. En 1910 la production sucrière a été de 400 t.

NICARAGUA

Sa superficie est de 47.800 milles carrés et sa population de 430.000 habitants. La canne à sucre est cultivée dans tous les districts occidentaux, tandis qu'on ne trouve aucune entreprise sucrière sur la côte de l'Atlantique. La canne de plantation est récoltée au bout de 14 mois, dans la saison sèche qui va de décembre à avril.

On compte 5 grandes usines et environ 1.200 petites. Sur ce dernier nombre, 964 travaillent avec des moulins en bois, 1.184 sont actionnées par manège attelé de bœufs, 14 marchent à la vapeur et 2 par eau. Les petites fabriques ou « trapiches » ne font que du sucre

Digitized by Google

roux (« dolce » ou « panela »), qui est du jus simplement concentré jusqu'à solidification. Les grandes fabriques appartiennent toutes à des Nicaraguains ; elles sont bien installées et produisent une sorte de sucre cristallisé qui est livré soit à la raffinerie, soit à la consommation.

La campagne de fabrication dure environ 3 mois. La mélasse est vendue aux distillateurs, qui possèdent en outre des plantations de cannes. La fabrication de l'alcool est monopolisée par l'Etat, qui en a donné la concession à une société : tout l'alcool produit dans le pays doit être vendu à celle-ci, seule chargée de l'écouler dans le commerce.

La production totale du sucre est d'environ 5.000 t. de raffiné et 1.500 t. de « dolce ». En 1910-11 la production a été de 3.450 t. de sucre turbiné et de 700 à 800 t. de panela. On a produit, en outre, 1.200 t. de mélasse.

COSTA RICA

Sa superficie est de 23.000 milles carrés et sa population de 368.780 habitants, créoles pour la plupart ; ce chiffre comprend, en outre, quelques milliers d'indigènes, quelques nègres et environ 6.000 étrangers. La culture de la canne occupe 28.000 acres. Le pays compte un grand nombre de petites fabriques qui produisent du sucre roux ou du panela, et quelques fabriques qui produisent du sucre cristallisé. La mélasse et une partie du sucre roux sont transformées en eau-de-vie dans le pays même. La production sucrière totale est d'environ 4.000 t.

PANAMA

La culture de la canne commence à se répandre dans cette région, où elle trouve un sol très fertile et un climat très favorable. Une usine a déjà été construite par des Américains du Nord, et une autre est à l'étude.

AMÉRIQUE DU SUD

COLOMBIE

La superficie est de 488.500 milles carrés et sa population de 4 millions d'habitants. Il y existe plusieurs petites fabriques de sucre brut ou panela. Une grande usine, construite près de Carthagène, cultive 1.850 acres de cannes ; elle a produit en 1909 environ 7 t. de sucre par acre.

Digitized by Google

VÉNÉZUELA

Superficie 450.000 milles carrés ; population 2.633.670 habitants. La canne réussit bien dans toutes les parties du Vénézuela. Plusieurs fabriques produisent du sucre blanc pour la consommation. On produit également du sucre brut (« papelon »), qui est du jus simplement concentré jusqu'à solidification. On fabrique aussi beaucoup d'alcool de canne. Il existe aux environs de Caracas une distillerie qui produit par an 3 millions de bouteilles d'eau-de-vie et environ 300 t. de sucre roux.

GUYANE ANGLAISE

Superficie 90.500 milles carrés, population 296.000 habitants. 125.000 acres sont consacrés à la culture de la canne. On emploie l'engrais d'habitation et les différents engrais chimiques. La canne est uniquement transportée par eau. Les fabriques de sucre sont toutes bien installées et possèdent des chaudières à cuire dans le vide. On produit du sucre à 96° de polarisation, du sucre de 2e jet et du sucre roux connu sous le nom de « Demerara cristals ». La couleur de ce sucre provient de ce que les jus sont travaillés acides ; pour la maintenir dans le produit on ajoute du chlorure d'étain dans l'appareil à cuire dans le vide. On perd 1 à 5 % de sucre par inversion. La majeure partie de la mélasse est distillée, le reste sert à faire de la Molas cuite qui est expédiée en Angleterre. Le rendement en sucre est de 8,5 % du poids de la canne. En 1911 la production a été de 98.451 t.

GUYANE HOLLANDAISE

Superficie 49.800 milles carrés, population (1909) 89.000 hab., dont 862 Européens, 7.442 Indiens hollandais et 16.200 Indiens anglais et 6.000 aborigènes.

La canne à sucre est cultivée dans le limon déposé par la mer sur les terres basses, qui sont assainies par drainage, comme dans la Guyane anglaise. Il existe actuellement dans ce pays 5 sucreries qui fabriquent du sucre et du rhum avec la mélasse ; elles ne sont guère florissantes par suite de la cherté de la main-d'œuvre. Le rendement cultural de la canne est d'environ 40 t. par ha. La plus grande partie du sucre est expédiée à New-York. La production a été de 14.459 t. en 1905.

EQUATEUR

Superficie 118.650 milles carrés ; population 1.472.000 habitants dont 200.000 Indiens.

Digitized by Google

Le pays est très montagneux et volcanique. Sur les bords de la mer le climat est chaud et humide, tandis que dans les montagnes il est tempéré. L'industrie sucrière n'existe que dans les plaines, sur la côte de Guayaquil. La récolte de la canne se fait de juillet à novembre-décembre. Tout le sucre produit est consommé dans le pays même. En 1910 la production a été de 8.750 t.

PÉROU

Superficie 690.000 milles carrés ; population 4.500.000 hab.

La culture de la canne est confinée à l'étroite bande de terre qui s'étend entre les Andes et le Pacifique, et aux vallées comprises entre la mer et les montagnes. Ce territoire couvre toute la côte entre les 6° et 16° degrés de latitude sud. Cependant on trouve de petites plantations dans l'intérieur, où existent de petites fabriques qui se servent encore de moulins en bois pour broyer la canne et qui transforment le vesou en « chancaca » ou « panela » ou encore en « jonque » (eau-de-vie).

Le gros des plantations pour la fabrication normale du sucre se trouve donc entièrement sur la côte occidentale, où l'insuffisance des pluies oblige à irriguer les champs de cannes avec les eaux des nombreuses rivières qui descendent des Cordillières. Comme il n'y a pas de saison fixe, la culture et la fabrication peuvent se faire durant toute l'année, et l'on cite des fabriques qui, depuis des années, n'ont eu d'autres arrêts que ceux exigés par le nettoyage des machines et les réparations.

Les terres consacrées à la culture de la canne sont défoncées à l'aide de charrues à vapeur, hersées et tassées à l'aide du rouleau. On aménage ensuite des chemins de circulation le long desquels on creuse les canaux d'irrigation, puis on ouvre des sillons de plantation à l'aide de la charrue en bois. Les boutures, choisies dans la partie la plus saine de la canne, sont couchées dans le sillon et émergent légèrement du sol. Lorsque les plantes ont un pied de haut, on enlève les mauvaises herbes, et au besoin on renouvelle cette opération. Cinq mois après la plantation, on procède au buttage et à l'épandage d'un mélange de guano, de cendres et de sulfate de potasse ; on y ajoute parfois du nitrate de soude du Chili ; mais, eu égard à son bon marché, c'est le guano qui forme le principal engrais. Dans certains districts la canne exige jusqu'à 24 irrigations

Digitized by Google

par an ; dans d'autres où le sous-sol est plus humide, une seule peut suffire. Les terres humides sont assainies par drainage en canaux ouverts ou à l'aide de tuyaux.

A partir de la plantation, la canne exige 20 à 24 mois pour arriver à maturité, suivant les circonstances locales et la quantité d'eau disponible pour l'irrigation. Après une première récolte, on cultive une ou plusieurs repousses qui mûrissent généralement plus vite que les cannes de plantation ; on compte ainsi jusqu'à 6 à 10 repousses qui, de fait, occupent le sol pendant 15 à 20 ans. Mais c'est là une exception : le cas le plus général est celui de 9 ans pendant lesquels une seule plantation donne des récoltes successives.

Quoique la canne fleurisse rarement, la station d'essais du Pérou trouve néanmoins le moyen de cultiver des variétés sélectionnées sur une grande échelle. On espère de la sorte donner à l'industrie de la canne une grande impulsion, à l'instar de ce qui se fait dans d'autres pays. Actuellement le rendement cultural de la canne est de 85.000 kg. à l'ha. après une végétation de 22 mois.

Le seul ennemi de la canne au Pérou est le borer ; on le combat en choisissant avec soin les boutures pour la plantation.

La canne est coupée au coutelas, divisée en deux et chargée sur des wagons qui la transportent aux usines. Celles-ci sont encore arriérées au point de vue de l'outillage, par suite du manque de capitaux ; mais cet état de choses est appelé à se modifier dans un avenir prochain, étant donné le prix élevé du sucre dans ce pays.

La canne du Pérou, par suite de la longue durée de sa végétation et de la sécheresse du climat, est riche en fibre et pauvre en jus ; mais celui-ci est très pur et très sucré. Il n'est pas rare de constater des richesses saccharines de 15 % et des puretés de 92,5 avec 0,46 de glucose dans le jus du 1er moulin. Mais, la faible pression des moulins a pour effet de laisser dans la bagasse une importante production de sucre, soit en moyenne 3 % du poids de la canne. C'est pourquoi le rendement en fabrique ne dépasse guère 10 %, dont 7 % de 1er jet, 2,50 % de 2e jet et 0,50 % de 3e jet.

Plantée en sol vierge, la canne peut donner 20.000 kg. de sucre à l'ha. ; actuellement la moyenne est de 7.500 kg.

La plus grande partie du sucre produit est de couleur foncée, polarisant 96°5 ; mais on fabrique également du sucre blanc par turbinage et clairçage. Une partie du sucre brut connu sous le nom de

Digitized by Google

« Peruvian cristals », est expédiée à New-York, le reste est envoyé à Liverpool, ainsi que la mélasse. Les sucres de 2e et 3e jets sont expédiés à une raffinerie du Chili. Il n'existe actuellement aucune raffinerie au Pérou.

On trouve dans ce pays 47 sucreries modernes. Celle de Casa Grande, dans la vallée de Chicama, a une production de 25.000 t. en moyenne ; c'est la plus importante.

La superficie consacrée à la culture de la canne est de 125.000 acres. La production sucrière pour 1912 est estimée à 195.000 t. En dehors du sucre fabriqué d'après les procédés modernes, on compte encore 9 à 10.000 t. de jus de cannes simplement évaporé ou « chancaca », qui sont consommés dans le pays même.

L'industrie de la canne est susceptible d'un grand développement au Pérou, le sol et le climat y sont très favorables. Le perfectionnement du système d'irrigation et des méthodes de culture, l'emploi judicieux des engrais et enfin l'installation d'un outillage plus perfectionné permettraient de lui imprimer un essor considérable et largement rémunérateur, d'autant plus que la situation politique s'est sensiblement améliorée (1).

BOLIVIE

Superficie 567.000 milles carrés ; population en 1910 1.816.000 habitants, y compris les tribus nomades des frontières septentrionales. Sur cette population on compte 250.000 blancs, 550.000 demi-sauvages, 1.110.000 Indiens et 40.000 nègres.

Le pays est très montagneux. A l'ouest s'élèvent les Cordillières qui divisent la région en 2 parties ; par suite, tous les climats s'y rencontrent. L'industrie sucrière est surtout répandue dans la province de Santa Cruz : on y trouve une trentaine de petites usines produisant chacune de 50 à 500 t. de sucre ; cette production est insuffisante pour le pays.

Le mode de fabrication et l'outillage sont très primitifs ; par suite, les pertes et les frais de fabrication sont très élevés.

BRÉSIL

Culture de la canne (2). — Au point de vue climatérique, on distingue trois zones : la zone sucrière du nord, la zone du centre cons-

(1) Cf. Broggi. — *Journ. d'agric. trop.*, déc. 1909.

(2) Cf. L. Leroy. — La culture de la canne et l'industrie sucrière au Brésil, *Bull. Ass.*, nov. 1907, p. 517.

Digitized by Google

tituée par l'Etat de Rio de Janeiro et la zone de Sâo-Paulo. Au point de vue de la culture de la canne, les deux premières zones diffèrent peu entre elles : toutes deux ont conservé l'ancien système de plantation, dit de « covas », qui date de l'introduction de la canne au Brésil par les Portugais en 1531. Ce système consiste à creuser dans le sol, à 1 m. 50 l'un de l'autre, des trous ou « covas » de 0 m. 20 de profondeur, dans lesquels on dépose la canne coupée en morceaux de 0 m. 20 de longueur. Le tout est recouvert de terre, sans emploi d'aucun engrais ; cinq semaines plus tard on procède à un léger nettoyage et, sans plus de frais, le sol exceptionnel de ces régions se charge de produire en quinze mois des cannes de 3 à 4 m. de hauteur, d'une richesse saccharine de 20 %, et qui font l'admiration des voyageurs visitant ces contrées. Certains planteurs cependant commencent à employer les instruments aratoires modernes et les engrais de ferme.

Dans la troisième zone, la culture est plus soignée : depuis quelques années, grâce aux efforts du gouvernement de l'Etat secondés par l'initiative de certains grands propriétaires, l'état de Sâo-Paulo a pris le premier rang parmi tous les Etats du Brésil.

Les plantations se font de septembre à avril. On procède comme suit : s'il s'agit de terres vierges, on les nettoie en brûlant les lianes et les broussailles et on abat les arbres. Ensuite on défonce le sol à l'aide de la charrue ou, si la nature accidentée du terrain s'y oppose, à l'aide de la houe (enxada). On trace des sillons parallèles de 0 m. 20 de profondeur, distants de 1 m. 20 les uns des autres, dans lesquels on dépose la canne coupée en morceaux d'environ 0 m. 30 et disposés sur une seule ligne à des intervalles de 0 m. 10. Lorsque la plantation se fait dans des terrains ayant déjà été cultivés, on les débarrasse des herbes, on y répand du fumier ou un engrais composé en quantités variables suivant le degré d'épuisement, on l'enfouit à la charrue, puis on trace les sillons de plantation en opérant de la manière ci-dessus indiquée.

Les cannes ainsi plantées exigent, suivant la saison, de dix à vingt jours pour sortir de terre. Lorsqu'elles ont atteint une hauteur de 0 m. 20, on procède à un premier sarclage à la houe. Au fur et à mesure de la croissance de la canne, on continue les nettoyages en les renouvelant jusqu'à quatre et six fois, suivant la nature des terrains. Trois mois avant la maturité, la canne est abandonnée à elle-même, sans être effeuillée comme dans les autres pays sucriers.

Digitized by Google

Dans les années normales, la canne exige de 14 à 16 mois pour arriver à maturité complète. La coupe commence le 15 juin et se termine le 15 novembre, époque à laquelle les pluies viennent paralyser tous les travaux de culture.

La canne de deuxième coupe, dénommée « Soqueira », est traitée de la manière suivante : dès que les cannes de plantation sont coupées, on incendie les feuilles sèches restées sur le terrain. Cette pratique, justement critiquée par les auteurs, parce qu'elle entraîne une perte d'azote et parfois de matières minérales, a cependant sa raison d'être au Brésil dont les cannavials sont infestés d'animaux de toutes sortes, très dangereux pour les cannes et que le feu chasse ou détruit en grande partie. Lorsque la combustion est achevée, on fait passer la charrue en ayant soin de tracer le sillon le plus près possible des pieds de cannes, de façon à couper une partie des racines, opération qui donne à la plante une vigueur nouvelle et active la végétation. Un mois après, on procède au premier nettoyage, suivi de trois autres qui sont effectués à intervalles réguliers jusqu'à ce que la plante ait pris tout son développement. Au bout de 12 à 14 mois cette canne est bonne à couper.

La canne de troisième coupe, dite « Soca », subit les mêmes opérations.

Les cannes donnent une moyenne de quatre à six coupes ; ensuite les pieds sont arrachés, la terre mise en état et replantée de cannes après avoir reçu du fumier et des engrais appropriés.

Le rendement des cannes ainsi traitées varie, suivant l'année, le terrain et la variété plantée, de 50 à 70 t. par hectare pour les années suivantes. La richesse saccharine oscille entre 14 % pour la Lauzier et le Bois-Rouge, et 16 % pour les cannes rayées et roses.

Procédés de fabrication du sucre. — Il existe au Brésil deux sortes de fabriques de sucre : les « usines » installées récemment, qui fabriquent du sucre cristallisé, et les « engenhos » qui ne produisent que du jus de canne évaporé. En 1904 on comptait 3 usines appliquant la diffusion de la canne, 115 fabriques ne possédant qu'un seul moulin, 42 fabriques faisant un double broyage et 3.840 engenhos. La production totale a été de 298.000 t.

La majeure partie du sucre est donc produite par les engenhos ou « banques », les grandes usines n'en produisent qu'une partie. Le procédé de fabrication des engenhos est le suivant : la canne est

Digitized by Google

broyée entre deux rouleaux de bois dur, et le jus obtenu est soumis à l'ébullition dans des bassines de cuivre. La masse cuite est ensuite coulée dans des caisses en bois à fond conique, munies de trous que l'on bouche en versant la masse ; lorsque celle-ci s'est refroidie et a pris de la consistance, on enlève les bouchons pour laisser écouler la mélasse dans une gouttière qui les conduit à la distillerie où elle est transformée en alcool. Ensuite on recouvre la surface des caisses d'une couche d'argile détrempée d'eau : l'eau traverse la couche de sucre, lave les cristaux et, au bout de quelque temps, on vide les caisses. La partie supérieure de sucre est blanche, celle du milieu est jaune et celle du fond est brune. Les deux premières fractions sont séchées sur des nattes, puis emballées en sacs d'une contenance de 60 kg.

On obtient ainsi 5 à 6 % du poids de la canne. Même dans les « usines » le rendement ne dépasse guère 9 % de sucre du poids de la canne par suite de l'insuffisance des moulins. Dans ces usines, le jus est fortement sulfité, puis neutralisé par la chaux, soumis à l'ébullition, décanté et soumis à l'évaporation. La masse cuite est mise à refroidir dans des bacs ou dans des wagonnets, puis elle est turbinée, tandis que l'égout recueilli est cuit de nouveau. La mélasse obtenue sert à fabriquer de l'alcool ou du rhum.

On distingue les produits suivants :

Cristaux blancs (Cristaes blancos), sucre blanc claircé dans le centrifuge ;

Cristaux jaunes (Cristaes amarellos), sucre « Demerara » en cristaux jaunes 1er jet ;

Moscavinhos (grain fin de couleur claire, 1er jet).

Moscavos (produit très coloré).

La plus grande partie du sucre brut est soumise au raffinage, une autre partie est livrée directement à la consommation. Plusieurs tentatives de création de raffineries ont échoué par suite de la cherté de la main-d'œuvre, du charbon, du transport et de la faible demande de sucre raffiné à l'européenne. La production totale est estimée à 250.000 t. Nous avons donné plus haut la description d'une usine brésilienne travaillant par diffusion de la canne.

RÉPUBLIQUE ARGENTINE

Superficie 1.135.485 milles carrés ; population 4.410.028 habitants, y compris les peuplades à demi sauvages. Comme l'extrémité Nord

Digitized by Google

de l'Argentine est seule située sous les tropiques et que cette partie est très montagneuse, la surface propre à la culture de la canne à sucre est assez restreinte. Aussi les districts sucriers se trouvent tous situés dans la partie nord de l'Argentine : telles sont les provinces de Tucuman, de Salta et de Jujuy. Ces vastes provinces contiennent des plaines excessivement fertiles, mais la population y est très clairsemée. En outre, on constate une absence presque complète de voies de communication : les seules voies de transport sont le chemin de fer et les rivières [1]. La température s'élève jusqu'à 40° et descend jusqu'à — 4° C.

L'humidité atmosphérique étant très faible, la chaleur est très supportable, et les nuits sont fraîches. En septembre-octobre le vent du nord est suivi d'un vent très froid du Sud, d'où résultent des écarts de température pouvant aller à 27°. En hiver, le thermomètre descend souvent au-dessous de zéro, au grand préjudice de la récolte des cannes et de leur richesse saccharine. La forte production de certaines campagnes est due principalement à l'absence de gelées dans ces années, et inversement.

La canne est cultivée principalement dans la province de Tucuman, qui fournit les 9/10 de la production sucrière. On y cultive exclusivement, pour les fabriques, la canne rayée et la canne violette ; on donne cependant la préférence à cette dernière parce qu'elle résiste mieux que la rayée aux basses températures.

On n'emploie ni fumier, ni engrais. Le sol, très riche en humus, formé d'une couche de terre végétale de plusieurs mètres d'épaisseur, peut porter 100 récoltes successives. Le rendement par hectare est en moyenne de 33.000 kg. C'est peu comparativement à ce qu'on obtient aux Antilles, au Brésil et ailleurs.

La distance laissée entre les sillons (surcos) varie de 1 m. 50 à 2 et 3 m. ; cette dernière est la meilleure, car l'air et la lumière passent difficilement entre les rangées de 1 m. 50, l'effeuillage ne se pratiquant pas. Les champs sont irrigués trois ou quatre fois dans l'année. Après la coupe, qui se fait entre mai et décembre, les feuilles sont brûlées sur place.

Dans les districts où la canne est cultivée, la saison des pluies dure d'octobre à mars et la saison sèche d'avril à septembre.

[1] Avant la construction des chemins de fer (1880), un moulin mettait 6 mois à franchir les 800 km. qui séparent Rosario de Tucuman.

Digitized by Google

La plantation se fait en septembre-octobre ; les boutures, découpées dans le corps de la canne, ne sont pas désinfectées. Dans les districts moins exposés aux basses températures, on cultive jusqu'à 5 repousses ; dans les autres on replante la canne tous les ans. Etant données les mauvaises conditions de la culture de la canne, les récoltes n'excèdent pas 9 à 15 t. de cannes par acre. Malgré cela, les sucreries sont prospères et possèdent un outillage perfectionné.

La superficie consacrée à la culture de la canne est de 70.000 ha., dont 54.000 dans la province de Tucuman. Le rendement en sucre dans l'usine varie de 7,5 à 8,5 °/₀.

Ingenios (¹). — Les cannes sont amenées aux usines par chemin de fer et déchargées mécaniquement sur le conducteur de cannes. L'extraction du jus se fait au moyen des moulins, généralement par double pression, dans quelques usines par imbibition chaude. Les jus sortant des moulins sont sulfités soit par addition d'eau sulfureuse, soit par injection de gaz sulfureux, ensuite déféqués et clarifiés. La quantité de chaux employée à la défécation varie entre 0,375 et 0,625 par l. à l'état de chaux hydratée en poudre.

Une seule usine, la Nueva Baviera, emploie la double carbonatation et s'en trouve bien. Pour les cannes de Tucuman, très riches en sucres réducteurs et en sels, la carbonatation est indispensable pour obtenir des rendements élevés. On filtre les jus clarifiés, soit sur noir animal, soit sur la bagasse. L'évaporation, la cuite et le turbinage n'offrent rien de particulier. Partout on emploie comme combustible la bagasse verte ; mais elle est loin de suffire aux besoins des usines qui toutes brûlent du bois à raison de 100 à 200 kg. par tonne de cannes.

Sucres. — La moitié du sucre consommé dans la République Argentine est livrée directement par les fabriques sous forme de poudre blanche ou de *terrons*. On appelle sucre en terrons un sucre blanc, moulu, mis en sacs et gardé quelque temps en magasin ; il se durcit dans les sacs et ne forme bientôt plus qu'un seul bloc qu'on débite en morceaux irréguliers appelés terrons (en espagnol terron signifie motte). Il n'y a qu'une seule raffinerie, la Raffinerie Argentine à Rosario, qui peut livrer 100.000 kg. de raffiné par jour. Elle achète le sucre au titrage, obtenu en retranchant de la polarisation la glucose

(¹) D'après R Fontaine. — L'industrie sucrière dans la République Argentine. *Bull. Ass.*, t. XIV, p. 868.

Digitized by Google

multipliée par 2 et les cendres par 5. Comme dans tous les pays producteurs, les prix ont beaucoup baissé depuis quelques années.

Voici quelques moyennes d'analyses qui permettent de se faire une idée de la nature du vesou :

Vesou		Masse cuite	
Degré Brix	17,3	Saccharose %	76,88
Saccharose % cm³	15,44	Glucose	8,15
Glucose % cm³	1,33	Cendres	2,78
Glucose % de saccharose	8,59	Eau	9,10
Pureté apparente	83.00	Glucose % de saccharose	10,50
Acidité	0,500	Coefficient salin	27,5
Acidité après défécation	0,100	Pureté	84,6

Dans la province de Tucuman il y a 29 usines (dont 27 ont été en activité en 1911) qui ont produit 152.965 t. de sucre, avec un rendement de 7,65 %. Les autres provinces comptent ensemble 13 usines dont la production totale est de 27.000 t. — Les mélasses sont employées à la fabrication de l'alcool.

PARAGUAY

Superficie 112.000 milles carrés ; population 636.571 habitants, dont 100.000 Indiens. Le climat est très agréable, il pleut dans tous les mois de l'année. La température moyenne à Assomption, qui est la capitale, est de 22-23° C., et la différence entre l'été et l'hiver ne dépasse pas 6° C. Le maximum observé a été de 41° et le minimum de 2-3° C.

La canne à sucre est cultivée dans toutes les parties de la République. Elle constitue la plante la plus rémunératrice ; on peut en faire jusqu'à 15 récoltes à la suite d'une seule plantation. Entre la plantation et la récolte, on se contente d'arracher les mauvaises herbes ; après la récolte on remue la terre.

Jusqu'à une date récente, la canne était broyée dans des moulins en bois mûs par manège attelé de bœufs, et le jus était simplement concentré et réduit en sirop épais que l'on conservait dans des outres. Actuellement on se sert de moulins en fer, même dans les petites exploitations, et l'on produit beaucoup de sucre cristallisé, passé au centrifuge.

En 1901, la superficie consacrée à la culture de la canne était de 26.000 acres ; le rendement moyen était de 12 t. de sucre par acre. En outre du sucre et du sirop, on produit également de l'eau-de-vie de cannes. On compte, en dehors des petites sucreries, quelques usines dont la production varie de 350 à 400 t. La production totale est encore inférieure à la consommation du pays.

Digitized by Google

AFRIQUE

MADÈRE

Superficie 286 milles carrés. Climat très doux (moyenne 18° 8 à la côte sud, avec écart de 6° au maximum en hiver). Population 132.000 habitants qui sont principalement des Portugais ; on y trouve également des Italiens, des Maures et des Nègres descendant des esclaves qu'on avait autrefois amenés dans l'île.

La culture de la canne, très florissante autrefois, fut ruinée par le borer en 1502, et remplacée par celle de la vigne. De 1846 à 1852, les vignobles furent ravagés à leur tour par l'oïdium et les propriétaires les arrachèrent pour les remplacer par la canne à sucre. En 1864, ils en revinrent à la vigne, qui fut de nouveau très éprouvée en 1873 par le phylloxéra. Dans la suite, la viticulture redevint florissante ; elle constitue actuellement encore le principal facteur de la richesse de cette île.

En 1903, une loi fut promulguée pour favoriser l'industrie de la canne, et la situation est maintenant la suivante : la culture de la canne est libre, de même que la fabrication de l'alcool de cannes ; mais, la fabrication de l'alcool à fort degré nécessaire pour le vinage des vins de Madère fait l'objet d'un monopole concédé à deux usines dont l'une ne fabrique que de l'alcool, l'autre de l'alcool et du sucre. On trouve dans l'île un grand nombre de planteurs qui vendent leurs cannes aux fabricants ou les écrasent eux-mêmes pour en faire de l'eau-de-vie ; ils peuvent vendre en détail tout ce qu'ils veulent, à la condition de céder le reste de leur production aux usines précitées, qui en font de l'alcool à fort degré. Les usiniers de leur côté sont obligés d'acheter toutes les cannes et toute l'eau-de-vie qui leur sont offertes ; ils jouissent d'ailleurs d'une foule d'avantages sur lesquels il serait trop long de nous arrêter ici.

En 1910, l'île a produit 68.000 t. de cannes, dont 36.000 ont été employées à la fabrication du sucre et 32.000 à celle de l'alcool. Le rendement en sucre est de 9 % contre 8,8 % en 1907 et 9,10 % en 1908. En 1909, le Portugal a exporté 1.650 t. de sucre.

ANGOLA (POSS. PORTUGAISE)

Superficie 509.000 milles carrés ; population 4.180.000 habitants. Le principal district de la canne est celui de Parceira Santa Teresa do Luracho ; mais tout le jus extrait de la plante est employé à la fa-

Digitized by Google

brication du rhum, qu'on vend aux naturels. La « Companhia do Dombe Grande » qui s'était tout d'abord occupée exclusivement de la fabrication du rhum, a commencé récemment à fabriquer également du sucre, mais sa production est peu importante.

LIBERIA

L'industrie du sucre à Liberia date d'une époque récente, elle est encore peu développée par suite du manque de capitaux et d'esprit d'entreprise. La canne est cultivée principalement sur les bords des rivières Saint-Paul, Cavallo et autres, où le sol est très favorable à sa réussite.

Le jus de canne est simplement transformé en sirop que l'on coule dans des barils à fond perforé, où il se refroidit et cristallise, tandis que la mélasse s'écoule par les trous du fond. La mélasse et une partie du jus de cannes sont transformés en alcool qui trouve un facile débouché.

EGYPTE

L'industrie de la canne se trouve confinée dans la partie de la vallée du Nil qui s'étend du Caire à Assouan, près de la frontière soudanaise, entre le 4e et le 30e degré de L. N. Mais cette étendue, quoique considérable par sa longueur, a une surface assez faible, car la vallée du Nil n'a qu'une largeur de quelques kilomètres dans sa partie la plus étroite, et de 12 km. dans sa plus grande largeur ; elle est bornée de chaque côté par le sable mouvant du désert. La terre propre à la culture de la canne se trouve surtout sur la rive gauche du Nil, car sur la rive droite les montagnes désertes viennent toucher au bord du fleuve dans bien des endroits. Aussi toutes les sucreries de cannes se trouvent sur la rive gauche.

La pluie est très rare dans cette région ; elle fait même complètement défaut dans certaines années, de sorte que l'humidité de l'air est très faible. Il s'en suit que la culture de la canne serait absolument impossible sans l'irrigation ; celle-ci est d'ailleurs très bien aménagée dans les grandes cultures, où existent des stations d'élévation d'eau à l'aide de pompes et de distribution à l'aide de canaux. Les champs de peu d'étendue sont irrigués à l'aide de roues hydrauliques actionnées par des buffles ou à bras d'homme. Pour agrandir l'étendue des irrigations, le gouvernement égyptien a fait creuser en 1902, près d'Assouan, de grands bassins de dérivation qui s'em-

Digitized by Google

plissent à l'époque de la crue du Nil et dans lesquels on puise l'eau d'irrigation dans les mois secs.

Dans les districts consacrés à la culture de la canne, la température varie de 28 à 43° en été et de 10 à 30° en hiver. Les nuits sont généralement fraîches, et en hiver le thermomètre descend parfois au dessous de zéro tout comme en Argentine, d'où résultent de graves dégâts dans les champs de cannes.

Très florissante en Egypte jnsqu'à la fin du xv° siècle, la culture de la canne fut à peu près ruinée lors de la conquête de ce pays par le Turcs en 1517. En 1850, Ismael Pacha fit venir des boutures de canne de la Jamaïque, et en 1885 le gouvernement encouragea la fabrication du sucre. Mais celle-ci ne commença à exister qu'en 1877, époque à laquelle les usines devinrent propriété du gouvernement. En 1893, la Société générale des sucreries d'Egypte commença à fonctionner et construisit trois grandes usines dont la production fut d'environ 30.000 t. par an vers 1900. En 1903, le Darieh Sanieh vendit ses 9 usines à la Société susmentionée, qui acquit ainsi un monopole de fait pour la fabrication du sucre en Egypte. Actuellement il existe bien encore quelques petites fabriques indépendantes qui travaillent par intermittence, mais leur production est dénuée d'importance. Entre temps, la Société générale ferma quelques-unes des usines nouvellement acquises et continua à faire fonctionner les autres ; malgré cela, celles-ci ne purent être alimentées normalement pour leur pleine marche, et les bénéfices de la Société tombèrent à rien. En 1905 une crise financière s'ensuivit qui fut bientôt conjurée et les affaires de la Société ne tardèrent pas à reprendre un cours normal.

Un des plus graves ennuis de la Société générale est l'insuffisance de la matière première, car ses usines sont très puissantes et pourraient mettre en œuvre des quantités bien plus grandes de cannes que celles travaillées réellement. Aussi fait-elle tous ses efforts pour encourager la culture.

En 1898-99, la superficie consacrée à la culture de la canne en Egypte était de 38.000 acres ; en 1903-1904 elle n'était plus que de 50.000 acres et seulement de 40.000 en 1907-1908. En 1909-10, on a broyé 553.376 t. de cannes, qui rendirent 49.403 t. de sucre. Le rendement cultural dépend beaucoup de la nature du sol et de la quantité d'eau disponible pour les irrigations. On obtient en moyenne

Digitized by Google

24 t. de cannes par acre pour les cannes de plantation et 16 t. pour celles de repousse. La variété la plus cultivée est une variété rouge analogue à la canne Bourbon. La Société générale a fait venir récemment de Java des cannes qu'elle a distribuées à ses fermiers et dont elle attend 20 à 30 % de plus comme rendement que des anciennes variétés cultivées.

Les sucreries d'Egygte sont installées d'après les derniers perfectionnements de la technique moderne et travaillent sous le contrôle chimique de notre éminent collègue, M. Henri Pellet. Elles produisent du sucre brut pour la raffinerie et, à l'occasion, du sucre blanc pour la consommation. Les mélasses sont utilisées pour la fabrication de l'alcool.

Les rendements sont les suivants :

1er jet	9,80 %	de cannes
2e jet	0,45 »	»
3e jet	0,17 »	»
Total	10,42 %	»
Mélasse	2,25 »	»
Production totale	12,67 %	»

MOZAMBIQUE (POSS. PORTUGAISE)

Superficie 300.000 milles carrés ; population 800.000 habitants. La culture de la canne et la fabrication du sucre se trouvent confinées aux rives du Zambèse et Limpopo. Cette industrie date seulement de 1896, époque à laquelle la « Companhia d'Assucar de Mozambique » fut constituée qui construisit une usine près de Mopéa. En 1897, une autre Société, la « Companhia Assucareira da Africa Oriental Portuguese » fonda une usine à Marromeu. En outre, une Société anglaise créa une sucrerie à Chimbue. Dans la suite, d'autres sucreries furent encore construites, de sorte qu'en 1908 la production sucrière totale atteignit 17.362 t. La mélasse est employée à la fabrication du rhum.

Le climat du Mozambique est chaud, mais très variable. Le sol est très fertile ; le rendement cultural de la canne est de 36 t. par acre et le rendement en fabrique de 10 %.

NATAL

L'industrie sucrière est localisée le long de la côte entre Durban et l'embouchure de la rivière Tugela, et dans le Zoulouland entre les 28e et 30e degrés de lat. sud, c'est-à-dire qu'elle se trouve en dehors

Digitized by Google

des tropiques. Au Natal la sucrerie date de 1850, époque à laquelle des planteurs commencèrent à écraser des cannes dans de petits moulins pour en extraire du sucre. En 1878 une sucrerie à vapeur fut créée à Mount Edgecombe par des sucriers venus de l'île Maurice. Depuis cette époque, la nouvelle industrie ne fit que se développer. De nouvelles usines furent successivement construites, celles existantes furent agrandies, de sorte qu'actuellement on compte 34 fabriques en activité. La culture de la canne réussit fort bien au Zoulouland et l'on espère y monter un certain nombre d'usines.

Comme le Natal se trouve en dehors des tropiques, la canne exige plus de temps pour arriver à maturité que dans la plupart des autres pays producteurs. La canne de plantation mûrit au bout de 2 ans, celles de 1re et de 2e repousses exigent 18 mois, ce qui fait trois récoltes en 5 ans pour une seule plantation. La variété de canne la plus en vogue actuellement est l'Uba, importée de l'Inde ; elle réussit parfaitement dans l'Afrique Australe. Les engrais employés sont : le fumier de ferme et les cendres des végétaux ; on a essayé également les engrais phosphatés.

La production sucrière du Natal pour 1912 est estimée à 106.000 t.

ILE MAURICE

Superficie de 742 milles carrés. L'île est d'origine volcanique et entourée d'un récif de corail. La température y est très élevée : 21 à 22°5 en moyenne pour l'année entière. Les mois les plus chauds sont décembre, janvier, février et mars ; la température s'abaisse d'avril à juin et se relève de juillet à décembre. Les pluies sont abondantes, mais inégalement distribuées sur les différentes parties de l'île : mars est le mois le plus humide, et octobre le plus sec. Les mois humides sont donc les plus chauds. Le pays est exposé aux cyclones qui surviennent généralement de décembre à avril.

Population 371.000 habitants, dont deux tiers d'indigènes descendant de parents indiens, un tiers d'Européens, d'Africains et d'individus d'origine mixte, et enfin d'immigrants venus de l'Inde et de la Chine.

La canne à sucre occupe une superficie de 151.134 acres, soit près du tiers de la superficie totale de l'île, qui est de 472.750 acres. Elle est cultivée dans la région cotière jusqu'à une altitude de 1.500 pieds. Les quatre districts dont le sol est le plus propre à cette culture sont :

Digitized by Google

1° ceux de Pamplemousses et de Rivière du Rempart, y compris la côte de Flacq ; 2° la région qui entoure le plateau central : les pluies y sont abondantes, mais la température trop basse pour la parfaite maturation de la canne ; 3° la partie sud de l'île jusqu'à une altitude de 600 pieds, largement arrosée par les pluies ; 4° le district de Black River sur la côte occidentale, qui ne reçoit que très peu de pluies et où il est nécessaire d'irriguer les plantations.

Pris dans son ensemble, le sol est argileux, très perméable. Dans certains endroits la couche argileuse est mélangée de blocs de lave, ce qui est un obstacle au labour. Aussi la canne est généralement plantée par trouaison : on place les boutures dans les trous, on les recouvre d'un peu de terre, on arrose et laisse pousser. Lorsque les jeunes pousses sont bien développées, on fertilise le sol par l'épandage d'engrais.

A l'île Maurice, les terres sont fertilisées à peu près exclusivement avec les engrais chimiques, le peu de fumier dont on dispose étant réservé aux cannes vierges ou de première plantation qui occupent le sol pendant six mois de plus que les repousses. La scission entre la fabrication du sucre et la culture de la canne s'accentue d'année en année par suite du morcellement de la propriété foncière qui passe ainsi en grande partie entre les mains des Indiens. Par suite, la petite culture s'est considérablement développée, et un grand nombre de cultivateurs, indiens pour la plupart, propriétaires ou locataires de quelques arpents, se sont mis à planter la canne et ont abandonné la culture maraîchère qu'ils étaient seuls à pratiquer. Or, l'Indien est observateur attentif. Il a pu constater sur les propriétés où il avait été employé tout d'abord, l'action rapide et manifeste des engrais chimiques. Il en achète donc maintenant pour son compte et, s'il est maraîcher, il en mettra par surcroît dans ses choux et dans ses tomates.

La durée de végétation de la canne est de 18 à 24 mois, suivant la variété cultivée et les localités. La plantation se fait de septembre à mai dans les districts élevés, plus froids, et jusqu'en juillet-août dans les districts plus chauds. Les repousses sont récoltées au bout d'un an ; dans les régions froides elles n'arrivent à maturité qu'au bout de deux ans.

Depuis 1881, le nombre des sucreries n'a cessé de diminuer : de 171 en 1881, il est tombé à 131 en 1891, à 115 en 1901 et à 64

Digitized by Google

en 1910. Cependant, comme la production sucrière n'a pas diminué, il faut en conclure que l'industrie s'est condensée par la fusion de plusieurs usines en une seule ; mais cette transformation n'implique pas précisément le perfectionnement de l'outillage. Jusqu'en ces derniers temps, en effet, les moulins étaient d'une insuffisance notoire et loin, par conséquent, de travailler économiquement. Depuis 1900 cependant, de louables efforts ont été faits : on applique partout maintenant la double et la triple pression avec imbibition de la bagasse, l'évaporation et la cuite dans des appareils à vide, la cristallisation en mouvement, etc. ; bref, un grand nombre d'usines ont pris une allure franchement progressive.

Mais cette règle comporte encore de nombreuses exceptions. Au lieu d'installer des appareils nouveaux en opérant leur fusion, les fabricants ont conservé leur ancien outillage, de sorte que beaucoup d'usines sont montées de bric et de broc et fonctionnent tant bien que mal. Les chaudières semblent également surannées : elles consomment beaucoup de combustible (bagasse, paille et bois). Six usines produisent plus de 50 t. de sucre en 24 heures, d'autres produisent 20 à 40 t.

Les sortes de sucre produites à Maurice sont les suivantes :

Sucre blanc 1er jet, polarisant	98°,5
Cristaux blancs »	97°,5-98°
» jaunes »	88°
» » foncé »	84°-86°

La mélasse à 40° de pureté est livrée au commerce.

En ce qui concerne le contrôle chimique, les fabricants de l'île Maurice sont encore bien en retard. Sur 64 usines, 23 seulement possèdent des chimistes ; mais, même dans ce cas, les méthodes d'analyse manquent de précision, et il n'existe aucune entente sur la façon d'interpréter les résultats trouvés. Il s'ensuit que les chiffres de rendement et de pertes de sucre sont plus ou moins arbitraires.

La richesse saccharine de la canne est en moyenne de 13,77 %.

En 1911, le rendement maximum des usines était de 12,26 % pour une teneur saccharine de 15,13 %, et le rendement minimum de 9,21 % pour une richesse saccharine de 13,13 % dans la canne.

RÉUNION

Superficie 970 milles carrés ; population 173.315 habitants. L'industrie sucrière date de 1806, époque à laquelle un cyclone détruisit

Digitized by Google

les plantations de café et amena les habitants à rechercher une plante annuelle présentant moins d'aléas. En 1910, la production sucrière de l'île était de 45.549 t.

Actuellement, la culture de la canne occupe une superficie d'environ 70.000 acres. La plantation se fait par trouaison : on place dans chaque trou deux boutures (sommités) ayant chacune trois bourgeons ; dès que la jeune plante est sortie de terre, on nettoie le sol, on lui donne des engrais (fumier d'habitation et engrais chimiques). La végétation dure de 14 à 20 mois aussi bien pour la canne de repousse que pour la canne de plantation.

Le climat de la Réunion est très favorable à la culture de la canne. Mais le sol, d'origine volcanique, est généralement pauvre en calcaire, de sorte que le sulfate d'ammoniaque employé comme engrais reste en partie inactif, surtout quand il est appliqué aux repousses qui ne donnent alors que de faibles récoltes. En outre, sous l'action des pluies le sol se tasse d'une façon surprenante, et cette occlusion est très nuisible à la végétation des plantes.

Désireux de remédier à ces inconvénients et d'augmenter les rendements de la canne, M. Delabaratz, qui était à l'époque directeur des établissements du Crédit Foncier colonial à la Réunion, s'adressa à M. Aimé Girard en 1890 et lui envoya des échantillons de terre à fin d'analyse. M. A. Girard en fit l'analyse chimique et mécanique et adressa à M. Delabaratz un rapport [1] détaillé dont nous extrayons les conclusions.

M. Girard constate que la terre qu'on lui a envoyée est argileuse (22 à 30 % d'argile) et que la compacité qu'elle acquiert sous l'influence des pluies est due à la composition mécanique du sol (inégale répartition et disproportion des grains gros et des grains fins). Il conseille de combattre cette compacité par l'enfouissement, à travers le sol tout entier, de fumiers pailleux, de débris végétaux, feuilles, etc., en large quantité.

L'analyse chimique a démontré, en outre, que le sol de la Réunion est très pauvre en chaux et il est nécessaire d'y remédier par des chaulages fréquents à haute dose.

Quant aux engrais à donner à la canne de plantation, Aimé Girard propose de donner l'acide phosphorique pour les 7/10 à l'état soluble dans l'eau, et pour les 3/10 à l'état insoluble. L'azote doit être

[1] Aimé Girard. — Rapport du 15 mai 1890.

Digitized by Google

donné moitié à l'état ammoniacal, moitié à l'état nitrique. Les quantités seront de :

Azote	70 kg.
Acide phosphorique	100 »
Potasse	25 »

On obtient les engrais de cette composition en mélangeant :

Nitrate de soude	215 kg.
Sulfate d'ammoniaque	160 »
Superphosphate à 14-15 % de soluble dans l'eau et 4-5 % d'insoluble	500 »
Chlorure de potassium	40 »

A la question de savoir s'il convient de faire fabriquer en Europe le mélange proposé ou s'il est préférable d'expédier à la Réunion, séparés les uns des autres, les divers éléments qui doivent entrer dans la composition des engrais, A. Girard n'hésite pas à conseiller cette dernière manière de faire. D'une part, en effet, le mélange du nitrate au superphosphate acide détermine une perte d'azote qui, durant la traversée, doit devenir notable ; d'autre part, le dégagement d'acide nitrique qui donne lieu à cette perte d'azote amène une altération profonde des sacs, qui se déchirent ensuite avec une extrême facilité.

Pour faire soi-même le mélange des engrais sur place, on vide sur le sol un nombre de sacs de phosphate suffisant pour obtenir une couche de 10 cm. ; sur cette couche on étend une partie du sulfate d'ammoniaque, sur celle-ci une nouvelle couche de superphosphate, une couche de nitrate, une couche de chlorure de potassium, une couche de superphosphate, etc., en disposant le tout arbitrairement, de manière à obtenir un tas de 60 cm. de hauteur environ. Cela fait, on démolit le tas en le recoupant verticalement à la pelle, et à côté on refait un tas nouveau qu'on recoupe de même jusqu'à ce que le mélange soit parfait.

Une des questions à résoudre par A. Girard était celle de la fertilisation des repousses, qui ne donnaient que de faibles récoltes, même quand on leur donnait de l'azote ammoniacal. Le savant explique ce fait. « La canne à sucre, dit-il, est une plante éminemment épuisante ; au cours de ses 18 mois de végétation elle a, on peut en être certain, consommé tout l'engrais qu'elle a reçu, aussi bien le fumier faible de la plantation que l'engrais complémentaire. Il faut donc aux souches qui vont fournir les repousses autant d'engrais, si ce n'est plus,

Digitized by Google

qu'aux jeunes boutures, et cet engrais il faut le leur donner aussi diffusible que possible.

« La canne a, en effet, développé un réseau radiculaire immense et il faut l'atteindre au plus vite. Le sol ne s'y prête guère, car les pluies l'ont rendu compact, et l'on n'a plus l'ameublissement sérieux qu'a procuré, lors de la plantation, le creusement de mortaises de 1 m. 70 de longueur. Le sol ne renferme plus de chaux libre ; il ne peut donc plus nitrifier. Et comme il ne peut diffuser qu'avec peine, l'azote ammoniacal devient alors inefficace, peut-être même nuisible : il n'y a plus d'engrais azotés possibles que les nitrates. »

On emploiera donc le nitrate de soude mélangé au chlorure de potassium pour la fertilisation des repousses ; l'acide phosphorique de son côté doit leur être donné pour la presque totalité à l'état soluble dans l'eau. Les quantités d'engrais à donner aux repousses seront les mêmes que celles données aux cannes de plantation, dont la coupe aura à peu près épuisé les réserves d'engrais qu'on avait confiées au sol.

Il ne tient qu'aux planteurs de tirer parti de ces sages conseils de l'éminent agronome. Malheureusement, la main-d'œuvre est rare à la Réunion, et c'est là une cause d'infériorité à laquelle on ne pourra remédier que par l'immigration de travailleurs extra-européens.

En 1909, on comptait à la Réunion 24 sucreries. Le plus grand fabricant est le Crédit foncier colonial dont les plantations représentent 15 % de la superficie totale consacrée à la culture de la canne.

INDE ANGLAISE

La canne à sucre est cultivée dans une dizaine de provinces de l'Inde britannique. Elle occupe une superficie d'environ 2.370.000 acres

Le mode de culture varie considérablement suivant les conditions climatériques, la quantité d'eau disponible pour l'irrigation, la qualité du sol, etc. Il est dès lors bien difficile de décrire toutes les méthodes employées ; cette description d'ailleurs ne présenterait qu'un intérêt spéculatif. Nous nous contenterons donc d'indiquer dans leurs grandes lignes les errements suivis dans ces régions si différentes des autres pays producteurs de cannes.

La canne à sucre est cultivée comme plante annuelle ; on ne cultive pas de repousses, et lorsque la terre est fatiguée de produire des cannes, on l'abandonne à elle-même pendant quelques années.

Digitized by Google

Comme matières fertilisantes, on emploie le fumier, les gadoues des villes et les tourteaux oléagineux. La plantation se fait de février à avril ; la canne mûrit entre le 15 janvier et le 1er avril de l'année suivante. Les boutures de plantation sont tantôt des tronçons de cannes, tantôt des sommités.

Trois méthodes principales de culture sont usitées. La première consiste à laisser reposer la terre pendant un an après la récolte du printemps, en lui donnant quelques labours. La seconde méthode, appliquée aux terres irriguées par des canaux, consiste à laisser reposer la terre pendant la saison d'hiver après la récolte de l'automne, en lui donnant des labours fréquents ; ensuite à lui donner des engrais au printemps et à faire la plantation. La troisième méthode consiste à labourer le sol après la récolte de printemps et à le préparer immédietement pour la plantation de la canne

Dans les districts où l'on dispose d'eau pour l'irrigation, la terre est irriguée copieusement tant dans la période de la plantation que dans la suite jusqu'à ce que les cannes aient atteint leur complet développement ; en outre, la terre est remuée et les plantes sont buttées. En temps de pluies abondantes, les terres sont drainées. De juillet à octobre les feuilles sont enroulées autour de la tige dans le but de la protéger contre les attaques des jacals, des souris, etc., et aussi pour la préserver des vents violents qui soufflent du golfe de Bengale à cette époque.

La récolte commence en janvier-février et dure jusque fin mars. Quand on ne conserve pas les repousses, ce qui est l'usage général, on arrache les cannes avec les souches. Dans le district de Poona cependant, on cultive les repousses : après la récolte des cannes, on recouvre les souches de feuilles que l'on brûle ensuite fin avril. Lorsque les repousses sont sorties de terre, on remue la terre entre les lignes et entre les plants et on donne les façons habituelles. Comme les cannes de repousse mûrissent plus tôt que celles de plantation, on les met en œuvre en premier lieu en attendant la récolte de ces dernières.

Pour l'irrigation on emploie l'eau de rivière et les eaux souterraines, en les faisant circuler dans des canaux qui sillonnent le pays et qui se rétrécissent à mesure que leur parcours s'allonge. Les terres non irriguées sont emplantées en premier lieu après être restées en repos pendant une année entière et avoir reçu des labours réitérés. La

Digitized by Google

plantation se fait alors en novembre, décembre et janvier; on répand par hectare 4.500 à 18.000 kg. de fumier de vache. Dès que les cannes sont sorties de terre on les recouvre de feuilles pour empêcher l'évaporation.

Variétés de cannes. — Les cannes cultivées dans l'Inde anglaise comprennent trois variétés principales, qui sont : l'Ukh, la Ganna et la Paunda. C'est l'Ukh qui est la plus répandue. Elle a une écorce dure, elle est peu volumineuse et plutôt courte. Les feuilles sont courtes et étroites, souvent creuses à la maturité, et les entre-nœuds inférieurs sont munis de racines aériennes. Eu égard à leur dureté ces cannes sont peu sujettes aux maladies et aux attaques des insectes et des animaux.

La variété Gama est spécialement cultivée comme article de gourmandise populaire, excepté dans quelques districts où elle sert également à l'extraction du sucre. Les cannes de cette variété sont généralement plus grandes et plus fortes que celles de l'Ukh, et leurs feuilles sont plus longues et plus larges. L'écorce est dure, la moelle est très tendre et ne présente pas de cavités. Bien que très juteuse, cette variété est moins riche en sucre que l'Ukh et fournit un sucre de moins bonne qualité. De plus, elle est plus sujette aux attaques des insectes et des cryptogames. C'est pourquoi elle est beaucoup moins cultivée que l'Ukh.

La variété Paunda a été introduite dans l'Inde à une époque assez récente. Elle est cultivée principalement aux environs des grandes villes et sert uniquement à la consommation directe. Elle est d'ailleurs très exigeante au point de vue des engrais et des soins culturaux, par conséquent impropre à la production économique du sucre. Les tiges sont longues et grosses, l'écorce est dure et recouvre une moelle très sucrée, exempte de cavités. Les feuilles sont longues et larges, et les racines aériennes très développées. On n'emploie pas de seedlings dans l'Inde.

Fabrication du sucre — L'art d'extraire le sucre de canne et de l'amener à l'état solide paraît avoir été connu et pratiqué dès le VIIe siècle dans l'Inde, d'où il se serait répandu dans les autres pays sucriers. Mais, la fabrication du sucre est encore très primitive et paraît être restée réfractaire aux méthodes employées dans les autres pays producteurs.

Les sucres produits polarisent respectivement 82°,30, 80°,20, 76°,20

Digitized by Google

et 71°-80. La production de l'Inde est insuffisante pour sa consommation.

COCHINCHINE, ANNAM ET TONKIN

Les indigènes de ces colonies produisent une sorte de sucre brut pour leur propre consommation. Le climat de l'Annam paraît convenir tout particulièrement à la culture de la canne. La production annuelle de ces pays paraît s'élever à environ 50.000 t. de sucre brut.

CHINE

Les principaux districts producteurs du sucre de canne de la Chine sont ceux de Swatow, Amoy, Canton, l'île de Haïnan, et Chunking dans la province de Szechuan.

La canne est plantée au printemps et récoltée 10-12 mois plus tard. On cultive ensuite trois repousses, dont chacune végète pendant un an. Le sol est ensuite retourné et emblavé d'autres plantes. Les tourteaux de Soja forment le principal engrais.

JAPON, FORMOSE

La canne à sucre est cultivée principalement dans les îles Riu-Kiu qui, en 1908, ont produit 26.377 t. de sucre; dans les îles Oshima et dans quelques autres. La production totale du Japon est d'environ 40.000 t. de sucre par an.

Ce sucre est fabriqué par des procédés primitifs et sert uniquement à la consommation locale. Il vient de se créer une société au capital de 2 millions de yen qui se propose de fonder à Riu-Kiu une sucrerie comportant un outillage perfectionné et travaillant d'après les méthodes modernes.

En attendant, la production sucrière de l'île de *Formose* ne cesse d'augmenter d'année en année. Les importations de sucre de cette île au Japon ont été de 42.463 t. en 1905, 65.405 t. en 1906, 56.537 t. en 1907, 62.121 t. en 1908, 125.848 t. en 1909 et 185.977 t. en 1910.

Une partie de ce sucre est réexportée du Japon à l'état de raffiné et de candi. En 1910, ces exportations se sont élevées à 41.629 t. ; elles ont été dirigées exclusivement sur la Chine et la Corée.

La production totale de Formose en 1910-11 a été d'environ 256.910 t. de sucre, dont 59.000 t. de sucre roux ; le reste est du sucre turbiné.

Digitized by Google

ILES PHILIPPINES

Le groupe des Philippines est situé dans le Pacifique au sud-est de la Chine, entre 4°,10 de lat. N. et 116°,40′, et 126°53′, de long. E. Il se compose de 3.140 îles distinctes, d'importance très variable. Leur superficie totale est de 127.855 milles carrés. La température moyenne de l'année est de 26° C. à Manille. En 20 ans, elle est descendue une seule fois au-dessous de 23°.

La variété de canne la plus répandue aux Philippines est blanche ou jaunâtre. A Morada la canne pourpre est la seule cultivée. La canne de plantation est récoltée au bout de 14 mois de végétation : celle de repousse au bout d'un an. Dans les terres profondes, très fertiles, on fait jusqu'à 8 récoltes avant de planter de nouveau. Après la récolte, on brûle la paille dans les champs, puis on donne un labour. On se sert encore de charrues primitives en bois ; toutefois, on commence aussi à introduire la charrue en fer tirée des Etats-Unis. Les labours s'effectuent de novembre à avril pour les terres plantées de cannes, en juillet-août pour les terres laissées en jachère. Comme boutures on emploie les bouts blancs, qu'on fait préalablement tremper dans l'eau pour activer le départ de la végétation. Nombre de plants : 10.000 à l'ha. On ignore l'usage des engrais.

Les cannes de plantation rendent généralement 2,5 t. de sucre à l'acre, celles de première repousse 2 t., celles de seconde repousse 1,75 t., celles de 3e repousse 1,5 t., et celles de 4e repousse 1,25 t. Quand une terre ne produit plus que 1 t. de sucre on la retourne et la plante de nouveau.

La fabrication du sucre se fait encore par des méthodes très primitives. En 1907, on comptait dans les différentes îles de l'archipel 1.075 petites fabriques dont 528 travaillant à la vapeur, 470 marchant à bras d'homme et 77 marchant au moteur hydraulique. Le nombre de celles de la deuxième catégorie ci-dessus diminue d'ailleurs de plus en plus ; celles mues par l'eau sont peu importantes : elles sont généralement situées dans l'intérieur où les rivières leur fournissent la force motrice à très bon compte. La plupart des fabriques écrasent 50 à 60 t. de cannes par jour à l'aide d'un seul moulin, et par un seul broyage, de sorte que la perte de sucre dans la bagasse est très élevée ; la bagasse est d'ailleurs tellement humide qu'il est nécessaire de la faire sécher au soleil pour la brûler sous les chaudières.

Digitized by Google

L'appareil à cuire dans le vide et l'usage du centrifuge sont inconnus aux Philippines ; le jus est clarifié avec un peu de chaux et évaporé dans une batterie de 5-6 chaudières hémisphériques ou « canas » Le jus venant du moulin est débarrassé des débris de bagasse par filtration à travers une toile métallique, puis il est coulé dans une « cana » où il est chauffé à 70-80° C. : on écume les impuretés légères qui montent à la surface et on recueille les écumes dans un bac. Le jus est ensuite dirigé dans des « canas » plus petites, additionné d'un peu de chaux et écumé, puis il est soumis à une ébullition violente, et lorsqu'il est assez concentré, la masse est coulée dans des caisses en bois où elle se solidifie.

Le sucre des Philippines est classé en deux catégories qui se subdivisent à leur tour. Le sucre polarisant 80 à 88 est dit *superior* et comprend trois n°s, savoir :

N° 1	polarisant	87-88°,9	moyenne	88°
N° 2	»	85-86°.9	»	86°
N° 3	»	80-84°,9	»	82°,5

La seconde catégorie comprend :

L' « humedo » (humide)	polarisant	76-79°,9
Le « corriente » (courant)	»	70-75°,9

L'humedo est coté 1 peso de moins que le n° 3 ci-dessus, tandis que le corriente n'a pas de rapport fixe avec les autres sortes. Les deux sortes sont souvent mélangées et vendues aux marchands chinois comme sucre humide, sans tenir compte de la polarisation, tandis que l'humedo de bonne qualité est souvent mélangé de petites quantités de n° 3.

La production comprend 85 % de sucre superior, polarisant 84° et 15 % de sucre humide polarisant 75°, la polarisation totale moyenne étant de 82° 6.

Comme on le voit, la fabrication est tout ce qu'il y a de primitif et, bien que toute la mélasse reste dans le produit, ce qui exclut toute perte de ce chef, la perte totale de sucre depuis le broyage jusqu'à l'expédition est de 44 % et se répartit comme suit :

Perte dans la bagasse	25 %
» dans les écumes	5 »
» par inversion, caramélisation	2,5 »
» par vol, etc. . . . . , ...	10 »
Tare, perte au transport. , ...	1,5 »
	44 %

Digitized by Google

La canne mise en œuvre contient en moyenne 14,75 % de sucre, de sorte que le rendement est de 8,26 % du poids de la canne, ou plus exactement de 10 % de sucre brut polarisant 82°6.

La production totale en 1911 a été de 207.219 t. métriques. Une société de planteurs hawaïens a acheté 20.000 acres de terre dans la province de Laguna, à Luçon, pour y établir une sucrerie dont la construction est déjà achevée.

JAVA

Culture de la canne à sucre (1). — La production du sucre de cannes a fait d'énormes progrès à Java dans les 10 dernières années, aussi bien en ce qui concerne la superficie du terrain planté que de la quantité de cannes et de sucre récoltés par ha. Le tableau ci-dessous contient les chiffres relatifs au nombre des plantations, à leur étendue, aux quantités de cannes et de sucre produites à l'ha. et à la production totale, en même temps qu'il donne un aperçu sur la progression de cette industrie.

Années	Nombre d'usines	Superficie plantée de cannes Hectares	Cannes récoltée par hect. kg.	Sucre récolté par hectare kg.	Sucre fourni par hect. %	Sucre produit à Java t
1899	183	83,430	82,592	9,047	10,94	742,447
1900	183	91,048	85,203	8,159	9,57	744,257
1901	182	102,252	77,283	7,841	10,16	803,735
1902	183	104,329	80,242	8,647	10,77	827,130
1903	178	104,918	90,425	9,082	10,03	952,307
1904	176	103,894	94,777	10,182	10,74	1,055,043
1905	173	105,393	95,038	9,856	10,37	1,039,178
1906	176	110,463	95.212	9,556	10,04	1,067,798
1907	176	115,338	97.300	10,470	10,76	1,210,197
1908	177	115,458	105,568	10,557	10,00	1,241,885

Ce tableau accuse une augmentation considérable des rendements en canne et en sucre par ha. ; mais c'est uniquement à la quantité de canne qu'est due cette augmentation. Le pourcentage de sucre obtenu a subi quelques oscillations, tandis que le poids de la canne récoltée a considérablement augmenté.

Il est curieux de noter que le rendement de sucre extrait de 100 parties de canne n'a pas suivi le même accroissement, en dépit de l'emploi de moulins perfectionnés et de méthodes de fabrication plus scientifiques. On pouvait espérer une amélioration du rende-

(1) Prinsen-Geerligs. — *Journ. d'Agric. trop.*, 1909, p. 231.

Digitized by Google

ment en sucre, mais le tableau montre qu'il a peu varié, ce qui porte à croire que la richesse de la canne n'est pas accrue en raison de la quantité de tiges récoltées à l'ha. malgré tous les soins culturaux.

Les efforts des agronomes ont porté dans deux directions : 1° obtenir de nouvelles variétés de cannes supérieures à celles cultivées jusque-là ; 2° améliorer les conditions de végétation de la canne par la fumure, les labours, la désinfection, la lutte contre les maladies cryptogamiques et les insectes nuisibles, etc.

Voyons d'abord l'amélioration de la matière première, qui a donné de bons résultats et promet d'en donner davantage encore dans l'avenir.

La canne de Java, canne *violette* ou canne *cheribon*, qui toujours avait donné de bons résultats, fut attaquée par le séreh et menacée d'extinction totale. Cette maladie provoque un arrêt complet de la croissance des cannes après quelques mois de végétation : la canne adulte, au lieu de se présenter sous la forme de longues tiges terminées par un panache de feuilles, reste courte et ressemble beaucoup aux touffes de citronnelle ou « sereh » en javanais, d'où le nom de « sereh » donné à cette maladie. L'arrêt complet dans la croissance diminue la récolte au point de la rendre nulle. Le sereh a commencé par envahir la partie occidentale de l'île et s'est graduellement avancé vers l'est ; si bien qu'en 1902, toute l'île était infestée. Au début les planteurs des provinces attaquées ont eu recours à l'importation annuelle de boutures saines des provinces encore indemnes, mais avec les progrès de la maladie il devint de plus en plus difficile de se procurer des boutures exemptes de sereh. Le procédé réussit toutefois à sauver l'industrie sucrière javanaise d'une crise terrible, en permettant de prendre les mesures nécessaires pour échapper à la ruine. On possède maintenant toute une série de variétés de cannes très supérieures à l'ancienne cheribon, au temps de sa parfaite vigueur. Parmi les variétés de cannes importées d'autres pays producteurs, il en fut qui rendirent de bons services : elles résistaient aux attaques du « sereh », contenaient un jus riche et pur et donnaient de belles récoltes : mais peu à peu leurs qualités s'atténuaient et laissaient des résultats très aléatoires.

D'autre part, on a essayé la sélection des cannes, espérant trouver parmi les plantes des champs quelques individus plus résistants à la maladie, et offrant des avantages sur la moyenne des autres cannes,

Digitized by Google

Quoique les stations expérimentales et les planteurs se soient adonnés avec beaucoup de science et de méthode à la sélection chimique ou densimétrique, en s'inspirant de ce qui avait été fait pour les betteraves sucrières en Europe, on ne peut dire que ces essais aient beaucoup contribué à augmenter la richesse ou la densité des cannes. Il semble que la variation asexuelle de la canne est beaucoup plus rare et moins intéressante que la variation sexuelle, si bien mise à profit dans la sélection des betteraves ; de sorte que la sélection des cannes par l'analyse du jus n'a pas donné les résultats espérés. Cependant, la sélection chimique a fait rejeter une grande quantité de boutures inférieures, et par là même contribué à l'augmentation du rendement en tiges à l'ha.

Les savants et les planteurs ne se sont pas contentés de cette sélection des boutures, ils ont entrepris de sérieuses expériences de sélection sexuelle, par les cannes de semis. D'abord un peu empirique, cette sélection est devenue tout à fait scientifique et systématique. On a commencé par semer quelques graines sur un sol bien ameubli et arrosé. La germination fournit de jeunes plantes qui, un mois plus tard, avaient atteint une force suffisante pour être transplantées dans les champs. A maturité, ces cannes sont pesées, analysées et soumises à une sélection rigoureuse ; toutes celles reconnues défectueuses sont rejetées et seules sont conservées celles dont on peut attendre des résultats excellents. Cette sélection a été conduite avec une telle sévérité que deux ou trois variétés nouvelles seulement ont triomphé des épreuves auxquelles ont été soumises des milliers et des milliers de cannes de semis.

Pour gagner du temps, plusieurs savants et planteurs eurent l'idée de faire porter d'abord la sélection sur les porte-graines, persuadés qu'en choisissant les graines des variétés reconnues supérieures, ils avaient plus de certitude d'obtenir une canne d'avenir qu'en s'en rapportant au hasard.

On a donc croisé de bonnes cannes en fécondant les fleurs d'une canne choisie avec le pollen d'une autre variété méritante : les résultats ont été si heureux que Java possède maintenant un riche choix de familles de cannes de semis qui surpassent sur beaucoup de points les cannes anciennes. Il existe une telle abondance de cannes vigoureuses, riches, réfractaires au « sereh » et au « donkellan » que chaque planteur peut faire un choix de celles qui sont le mieux adap-

Digitized by Google

tées à son terrain et aux conditions météorologiques de son district. Il faut opter pour les variétés hâtives, à broyer dans le commencement de la roulaison ou pour les cannes tardives, mûrissant vers la fin de la récolte et, de la sorte, être à même de travailler pendant toute la durée de la roulaison des cannes mûres. Non content des résultats obtenus, les savants de la station de Pasoeroean poursuivent leurs travaux avec de nouvelles formes destinées, le cas échéant, à remplacer les variétés maintenant en culture si, à leur tour, elles se trouvaient attaquées par quelque maladie ou si elles donnaient des signes de dégénérescence.

Mais, il ne suffit pas d'avoir de bonnes variétés de cannes ; il faut encore savoir en tirer le meilleur parti, c'est-à-dire la traiter de manière à en obtenir le maximum de rendement. On a fort bien compris cette raison à Java. D'abord on ne plante que des boutures obtenues de sommités de cannes vertes et saines ; leur mise en place a lieu au moment le plus propice de l'année, dans les champs bien préparés. Aucune difficulté pour se procurer ces boutures sur les variétés hâtives, puisqu'elles mûrissent au bout d'un an et peuvent fournir des boutures vertes 12 mois après la plantation : il est donc possible de planter ces cannes au même mois chaque année et de les couper à leur meilleur point de maturité.

Les cannes tardives, au contraire, qui exigent 13 à 15 mois pour mûrir, ne peuvent être propagées par les sommets de la canne plantée. Si on coupe la canne tardive au bout de 12 mois, à l'époque la plus favorable pour la plantation, ses tiges ne sont pas encore mûres, d'où une perte importante de sucre, tandis que si on la coupe à 14 mois, c'est-à-dire à sa maturité complète, le temps n'est plus favorable à la plantation.

On s'est tiré d'affaire en plantant des champs de cannes tardives uniquement pour la production des boutures que l'on coupe aussitôt que les champs sont préparés pour les recevoir. Ces champs sont plantés en décembre et coupés en juin-juillet ; ils donnent une récolte abondante de cannes qui, plantées en juillet, ne seront mûres qu'en septembre ou octobre de l'année suivante. Les boutures sont vérifiées avec soin pour éliminer celles qui sont rongées par les chenilles ou attaquées par quelques maladies cryptogamiques, après quoi on les trempe dans la bouillie bordelaise pour détruire les germes nuisibles venus de l'extérieur. Les jeunes cannes sont arrosées tous les 4 ou

Digitized by Google

5 jours au début, et débarrassées des mauvaises herbes par des sarclages.

En dehors de l'irrigation, sans laquelle la culture de la canne est très difficile, sinon impossible à Java, la fumure joue un rôle considérable. Les engrais employés à forte dose dans les champs de cannes doivent être appliqués à une époque où leur action sera la plus efficace, d'autant qu'en pays tropical les pluies torrentielles peuvent draîner la terre et entraîner les engrais à la mer. A Java, on se sert surtout d'engrais azoté pour la canne ; la potasse et l'acide phosphorique qui, dans tout autre cas, font partie des mélanges fertilisants, ne sont d'aucune utilité dans les sols de l'île, ainsi que l'ont démontré les nombreux essais des Stations expérimentales. Observons toutefois à ce propos, qu'il s'agit exclusivement de Java et de terrain annuellement inondé par les rivières limoneuses. On plante la canne sur les rizières irriguées et l'on fait deux récoltes de riz entre deux récoltes de canne, de sorte que la terre est couverte à deux reprises, après chaque récolte de canne, par une couche assez épaisse de limon fertile contenant assez de potasse et de phosphate pour conserver au sol sa fertilité naturelle.

Les engrais azotés les plus en vogue sont les tourteaux d'arachides, de ricin et de fèves de soja et le sulfate d'ammoniaque, mais ce dernier est le plus important. On n'emploie guère de fumier d'étable, car les Javanais n'aiment pas le ramasser et le mélangent de sable et de matières inertes pour en augmenter le poids.

Parmi les maladies qui attaquent la canne, nous avons déjà nommé le sereh et le donkellan (maladie des souches) auxquelles on peut échapper en ne plantant que des cannes résistantes. Les autres maladies peuvent être évitées par la désinfection des boutures au moyen de la bouillie bordelaise : celles qui s'attaquent aux feuilles sont si bénignes qu'on les néglige.

La canne de Java a aussi à souffrir d'ennemis divers, tels que les rats, les termites, les chenilles, et quelques coléoptères. Les termites ne sont nuisibles que dans les champs très secs, les coléoptères rongent la canne dans quelques endroits seulement, tandis que certaine espèce du même ordre s'attaque aux racines de la canne dans d'autres districts de l'île, sans cependant y être très répandue.

Les rats font parfois de grands dégâts. surtout dans les années sèches où ils ne trouvent plus à se nourrir dans les rizières voisines.

Digitized by Google

On a bien tenté de les exterminer par divers bacilles, mais toutes ces expériences sont restées sans résultat.

Les pires ennemis de la canne sont les « borers » ou chenilles de certains papillons nocturnes. On a distingué cinq espèces se différenciant jusque dans leur mode d'attaque. Les œufs sont pondus sur les feuilles, les jeunes chenilles éclosent et ouvrent une galerie le long de la nervure principale de façon à pénétrer ainsi dans le sommet de la tige qu'elles traversent horizontalement et où elles se transforment. Leur position dans l'intérieur de la tige les protège contre leurs ennemis naturels (oiseaux, fourmis, guêpes, etc.). Les dégâts causés par les chenilles ne sont pas limités à la quantité de cannes détruites qui est assez peu considérable, mais s'accroissent du fait que les trous constituent une porte ouverte à l'introduction d'un grand nombre de moisissures parasitaires qui déterminent la morve rouge, la pourriture noire, etc. On s'efforce donc de lutter contre les borers de la canne à Java en récoltant les œufs et en coupant les tiges qui par leur aspect extérieur, trahissent la présence d'une chenille à l'intérieur.

FABRICATION DU SUCRE

La fabrication du sucre de cannes a atteint à Java un haut degré de perfection et peut servir d'exemple au double point de vue de la direction et du contrôle. Les fabricants disposent de capitaux largement suffisants pour l'acquisition des machines les plus perfectionnées. D'un autre côté, les stations d'essais déploient une grande activité ; les chimistes et les chefs de fabrication sont instruits et bien dressés ; tous ces facteurs contribuent à faire de l'industrie sucrière de Java une des plus florissantes.

L'extraction du jus se fait exclusivement par les moulins : on emploie trois ou quatre moulins avec crusher ou shredder et on fait l'imbibition de la bagasse avec retour du jus dilué du dernier moulin. Le jus est généralement clarifié au moyen de la chaux, et neutralisé par l'acide sulfureux. D'autres fabricants, notamment ceux qui font du sucre blanc, emploient la double carbonatation.

L'évaporation et la cuite se font exclusivement dans les appareils à vide ; la masse cuite est cristallisée en mouvement et passée à la turbine centrifuge. Le sucre sortant de la turbine est séché dans un tambour rotatif par l'air chaud.

Digitized by Google

AUSTRALASIE

LES ILES HAWAÏ

Le groupe des îles Hawaï est situé dans la partie nord du Pacifique entre 18 et 22° lat. N. et 154-160° long. O. Il se compose de huit îles habitées, groupées ensemble, et de quelques îles inhabitées. Leur superficie totale est de 6.455 milles carrés ; Hawaï, qui est l'île la plus grande, a une superficie de 4.015 milles carrés. Toutes ces îles sont d'origine volcanique, de formation assez récente.

La température moyenne à Honolulu (capitale) est de 22,7 — 23,3 (moyenne de 15 ans) ; le maximum observé durant cette même période est de 31°,7 et le minimum de 11°,1. Les pics les plus élevés sont couverts de neige durant toute l'année, même sous ce climat tropical. La population totale n'est que 191.909 hab. (1910).

La canne à sucre est cultivée dans les quatre îles les plus grandes, Hawaï, Oahu, Maui et Kauai ; elle occupe une superficie totale de 225.000 acres. La production sucrière en 1910/11 a été de 505.995 t.

Les pluies sont très inégalement distribuées sur les différentes parties de ces îles. La superficie propre à la culture de la canne s'en trouvait réduite à 72.500 acres pour toutes les îles du groupe. Aussi dès 1887, des travaux furent exécutés en vue de capter les rivières descendant des montagnes et d'en distribuer l'eau dans les terres qui en manquaient. Après l'annexion aux Etats-Unis en 1898, de grands capitaux furent engagés dans les travaux d'irrigation : on construisit de vastes réservoirs pour recueillir les eaux de rivières, et on les conduisit par des aqueducs dans les terres à irriguer. En outre, on fora des puits artésiens qui, notamment à Oahu, fournissent de grandes quantités d'eau. Par suite, la superficie des terres irriguées est actuellement de 55.973 acres, contre 54,273 acres non irrigués.

En même temps que l'irrigation, on a perfectionné l'outillage des usines, qui sont actuellement au nombre de 48, et les méthodes de culture. Aussi, à partir de 1898, la sucrerie entra dans une ère de prospérité qui n'a d'égale que celle dont elle jouit à Java.

La canne croît spontanément à Hawaï, et dans les principales îles de l'Océanie. Les principales variétés de cannes cultivées à Hawaï sont : la Lahaïna, La Yellow Caledonia, la Bambou rose et la Yellow Bambou. La Lahaïna, qui est la canne des terrains irrigués, est celle qui accuse la richesse saccharine la plus élevée. Sa tige est blanc-

Digitized by Google

verdâtre, tirant sur le jaune quand elle est mûre : elle rappelle beaucoup la canne d'Egypte ou la Bambou blanche. La Yellow Caledonia est très estimée, mais sa forte teneur en ligneux a obligé les fabricants à se servir de défibreurs pour la préparer aux écrasements successifs des moulins. C'est elle qui occupe la plus grande partie des terrains non irrigués. La Bambou rose est bien moins répandue ; elle est cependant appréciée sur quelques plantations ; la Yellow Bambou lui est très inférieure.

Pour planter la canne, on commence par retourner la terre à l'aide de la charrue à vapeur, puis on l'égalise et on y creuse des sillons de 1,5 à 2 pieds de large et 1,25 pieds de profondeur. Dans ces sillons on place les boutures sur une ou deux rangées dans le sens de la longueur, on les recouvre de terre et on arrose, d'abord tous les deux jours, et ensuite à des intervalles plus longs jusqu'à la maturité de la canne. Au bout de quelque temps, on donne des engrais, on nivelle la terre entre les lignes et on arrache les mauvaises herbes ; enfin, lorsque la canne approche de la maturité on enlève les feuilles sèches. La plantation se fait généralement de mai à août ; elle atteint alors un développement suffisant pour résister à l'arrêt de végétation qui se produit dans les mois d'hiver, sans cependant atteindre l'âge de la floraison, qui n'arrive qu'en novembre.

Si le planteur, pour une cause ou une autre, était obligé de commencer la plantation plus tôt pour l'achever en temps utile, il s'exposerait à voir ses cannes fleurir au commencement de la saison froide, alors qu'elles n'ont pas encore atteint un développement suffisant, et elles seraient dès lors perdues. Pour prévenir cet inconvénient, on coupe au ras du sol, en juillet, les cannes plantées en mars-avril, puis on les laisse végéter de concert avec celles plantées en saison normale. Les cannes ainsi traitées poussent lentement durant l'hiver, mais dans l'été suivant elles végètent avec une rare intensité et fleurissent alors dans le second mois de novembre qui suit la plantation et mûrissent au bout de 18 mois.

Après la récolte des cannes, on cultive les repousses pendant six à dix ans après la plantation : lorsqu'elles ne donnent plus de récoltes suffisantes, on retourne les souches à la charrue et l'on procède immédiatement à une nouvelle plantation.

Aux îles Hawaï, on dépense des sommes énormes pour les engrais, soit 4 dollars 65 par t. de sucre récolté, et il semble qu'on soit obligé

Digitized by Google

d'augmenter cette dépense tous les ans pour maintenir la production au même niveau. L'ancien directeur de la station d'essais d'Hawaï avait montré à plusieurs reprises que la terre arable des îles Hawaï était très exposée à être délavée par les eaux d'irrigation et dépouillée ainsi de sa réserve de potasse et de chaux. Et de fait, on remarque dès maintenant une diminution alarmante de ces deux éléments, quoique le système d'irrigation ne soit en usage que depuis quelques années. C'est là un très grave inconvénient de l'irrigation. De plus, il y a tout lieu de supposer que les excellents effets qu'elle a donnés au début soient dus précisément à une mobilisation intempestive de ces deux éléments fertilisants tenus en réserve dans le sous-sol. Le jour où ces éléments seront épuisés, on sera obligé d'augmenter considérablement les doses d'engrais chimiques employées actuellement si l'on veut maintenir au sol sa fertilité première.

Nous passerons sous silence les méthodes de transport des cannes, dont nous avons déjà fait mention dans le corps de cet ouvrage.

Fabrication du sucre. — Les usines travaillent avec l'outillage le plus perfectionné et sont bien dirigées au double point de vue chimique et technique. En outre, la canne est d'excellente qualité et donne des jus d'une grande pureté. Seul, le Pérou peut rivaliser avec les îles Hawaï à ce dernier point de vue. Certaines usines, travaillant de mars à mai, écrasent des cannes à 17 % de sucre ; en avril 1909, on a même trouvé des richesses saccharines de 17,81 %, le jus extrait par le crusher ayant une densité de 23°,23 Brix. Ces richesses ont été fournies par la canne Lahaïna, cultivée dans les régions sèches, mais irriguées, au bout de 22 mois de végétation.

L'extraction du jus se fait exclusivement à l'aide des moulins. Certaines usines avaient d'abord installé la diffusion de la canne, mais elles en sont revenues aux moulins. Dans nombre d'usines on se sert d'un crusher et de trois ou quatre moulins à 3 rolls ; on pratique l'imbibition de la bagasse avec retour du jus du dernier moulin, et on renforce la pression des moulins par la pression hydraulique. Les résultats ainsi obtenus n'ont été ni surpassés ni égalés ailleurs. La bagasse résiduelle contient 3 % de sucre, la perte de saccharose à l'extraction se réduit à 0,65 % de canne, et l'extraction du sucre est de 95 % de sucre dans la canne.

Le jus extrait est chaulé, clarifié dans l'appareil de Deming et évaporé en triple ou quadruple effet. Le sirop est concentré dans l'ap-

Digitized by Google

pareil à cuire dans le vide sans autre clarification, et la masse cuite donne au turbinage du sucre polarisant 97° (sucre A) et de la mélasse à 70° de pureté. Celle-ci est cuite en grains et fournit du sucre de 2e jet polarisant 95° (sucre B) et de la mélasse à 30° de pureté. La mélasse épuisée est donnée au bétail ou brûlée sous les chaudières ; le surplus est jeté à la mer, la législation ne permettant pas de la transformer en alcool.

La teneur en fibre de la canne est très élevée : elle est en moyenne de 12,8 %, de 10 % au minimum et de 15 % au maximum. Aussi dans la plupart des sucreries la bagasse suffit comme combustible ; dans celles où elle est insuffisante, on y supplée par la mélasse ou par du pétrole brut importé d'Amérique.

Production mondiale du sucre de cannes dans les principaux pays de culture de 1900 à 1910 (1)

	1900	1910
Inde anglaise	1.799.000 tonnes	2.125.000 tonnes
Cuba	283.000	1.804.000
Java	744.000	1.278 000
Hawaï	258.000	463.000
Etats-Unis	273.000	336.000
Porto Rico	162.000	305.000
Antilles	241 000	282.000
Brésil	185.000	253.000
Maurice	157.000	252.000
Formose	45.000	230.000
Mexique	75.000	160.000
Pérou	118.000	150.000
Australie	113 000	148.000
Argentine	117.000	125.000
Demerara	85.000	115.000
Philippines	63.000	112.000

(1) D'après PRINSEN GEERLIGS. — *De Rietsuiker-Industrie in de verschiedene Landen von Productie*, 1 vol. Amsterdam, 1911.

BIBLIOGRAPHIE.— Indépendamment des publications consultées, citées au cours de ce travail, nous devons une mention toute spéciale à l'ouvrage si richement documenté de PRINSEN GEERLIGS : *The Worlds Cane Sugar Industry* et au *Rapport de mission aux îles Hawaïennes*, de M. Aug. de Villèle, qui a bien voulu nous en envoyer un exemplaire.

Digitized by Google

CHAPITRE XII

—

FABRICATION DU RHUM

Le rhum est le produit de la distillation des mélasses et autres résidus de la fabrication du sucre de cannes.

Partant de ce fait, certains industriels avaient pensé qu'il suffirait d'importer en Europe des mélasses de cannes pour pouvoir fabriquer sur place des rhums absolument authentiques ; mais ils n'ont réussi qu'à faire du 3/6 d'industrie, n'ayant aucune des qualités du rhum produit dans les pays chauds.

Il résulte de là que, outre l'origine de la mélasse, il entre dans la fabrication du rhum d'autres facteurs importants qui tiennent vraisemblablement aux circonstances climatériques. Dans les pays producteurs de cannes à sucre, c'est-à-dire sous les tropiques, règnent constamment des températures élevées qui exercent une action toute spéciale sur la fermentation et, par suite, sur ses produits. Le ferment lui-même diffère des races de levure connues en Europe. En outre, l'addition de matières aromatiques diverses faite aux jus fermentés avant de les soumettre à la distillation, multiplie la grande variété des types de rhum des divers pays ; ces types sont nombreux, presque aussi nombreux que ceux de nos vins.

Le rhum authentique, quelle que soit sa provenance, se caractérise par un arôme et un goût qui sont communs à tous les crus, plus ou moins fins, suivant la qualité des matières premières et les soins apportés à la fabrication.

FABRICATION DU RHUM

Dans la fabrication du rhum, la pratique n'a pas encore été devancée par la théorie ; on travaille toujours d'après les anciennes recettes. La mélasse diluée avec de l'eau et de la vinasse, est abandon-

Digitized by Google

née à elle-même et fermente spontanément. Ce mélange fermenté est soumis à la distillation et fournit le rhum.

La nature du ferment est encore peu connue. Une étude, faite sur ce sujet par Marcano, vient seule jeter un peu de lumière sur cette question si peu étudiée.

« En regardant au microscope, le dépôt qui tombe au fond d'une cuve de *vesou* fermenté, dit l'auteur [1], on le trouve composé de cellules beaucoup plus petites que celles de la levure de bière, rondes, très brillantes, parsemées de granulations et isolées les unes des autres, ne formant pas de grappes ou de chapelets. Après une série de cultures, les levures restent identiques à elles-mêmes aussi longtemps qu'elles sont cultivées dans le même milieu. Mais si on les transporte dans des liquides de culture plus riches en sucre, dans des solutions d'amidon ou de dextrine, on voit apparaître, parfois en quarante-huit heures, un mycelium d'apparence feutrée, dont les filaments envahissent bientôt tout le liquide. Il est aisé de revenir de la moisissure aux levûres en la reportant dans le vesou.

« Dans toutes les fermentations industrielles épuisées, surtout dans celles qui ont marché avec une certaine lenteur, ou dans lesquelles l'accès de l'air a été exagéré, on trouve simultanément le mycelium et la levure.

« La morphologie du ferment permet de le différencier de la levure de bière ; les produits qu'il excrète sont également différents.

« Cette levure manifeste son intensité maxima entre 30 et 35° centigrades. Elle est très sensible à un abaissement de température. Vers 18-20° C., déjà, la fermentation se ralentit, les liquides tendent à s'acidifier et le rendement en alcool est médiocre.

« Le degré de concentration du liquide sucré a une action marquée ; la proportion qui donne le meilleur rendement est celle de 18 à 19 de sucre % d'eau ; c'est à peu près la richesse saccharine moyenne du jus de la canne.

« Quand on soumet à la distillation une grande quantité d'alcool brut de canne, on aperçoit, bien avant que toute ébullition ait lieu dans le liquide, un dégagement notable de gaz à odeur désagréable, qui cesse bientôt pour faire place au passage des *mauvais goûts de tête*, formés presque exclusivement par de l'alcool méthylique.

« Le produit qui vient après est de l'alcool éthylique pur.

(1) *Comptes rendus*, 7 mars 1889.

Digitized by Google

« Les *mauvais goûts de queue* ont une odeur infecte due à un acide huileux qui distille avec l'alcool faible.

« Même en faisant usage de produits fournis par des appareils industriels de rectification, on n'a pas pu déceler par des distillations fractionnées successives, la présence d'alcools supérieurs.

« L'acide gras qui infecte l'eau-de-vie de cannes se présente sous forme d'une huile insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther et qui forme avec les alcalis des sels solides insolubles dans l'alcool aqueux. On peut ainsi le séparer presque en totalité avec la rectification, qui donne alors un produit d'une plus grande pureté.

« Ce qui précède fait voir que l'eau-de-vie de cannes brute diffère des autres alcools d'industrie : 1° par la présence de quantités notables d'alcool méthylique ; 2° par l'absence d'alcools supérieurs ; 3° par la présence d'un acide à odeur *sui generis*. »

D'autre part, il résulte des recherches récentes faites en Louisiane par M. Dechamp, chimiste au laboratoire d'agriculture de Washington, que le ferment de la canne est adhérent à la surface de la canne même sous forme de poussière grise et blanchâtre, plus dense aux approches des nœuds. Ces poussières sont analogues à celles qui se trouvent sur les grains de raisins, et en général, sur tous les fruits sucrés. Ce fait semble justifier la coutume, usitée dans les rhummeries de la Jamaïque, d'ajouter des morceaux de canne aux jus pendant la fermentation.

Emploi d'un levain artificiel. — La fermentation spontanée du moût est souvent imparfaite, et en tous cas, exposée à l'envahissement par les ferments. On a donc songé à remplacer le ferment spontané par un ferment cultivé qu'on prépare avec des éléments faciles à réunir dans les pays producteurs de canne à sucre.

Ce levain se compose : 1° de raisins secs ; 2° de bagasse de canne ; 3° de vinasse. Voici la manière de le préparer :

1° Dans une petite cuve, on verse 50 kg. de raisins secs non avariés et 4 hl. d'eau à la température de 40° C. La fermentation ne tarde pas à s'y établir et à donner naissance à une nouvelle génération de ferments alcooliques.

Lorsque la fermentation est en pleine activité, on retire de la cuve 100 l. de liquide et on les met dans une autre cuve à levain ;

2° D'un autre côté, on a fait macérer de la bagasse récemment sortie du moulin, avec de la vinasse chaude extraite de la chaudière et

Digitized by Google

refroidie à une température de 40° C. Pour 100 kg. de bagasse, on emploie 200 à 300 l. de vinasse qui s'empare des principes solubles du résidu de la canne, matières sucrées, azotées, salines, aromatiques, et du ferment. Après une heure de macération, on décante la vinasse pour la faire concourir à la formation du levain;

3° A 100 l. de la vinasse précédente, on ajoute 25 kg. de mélasse. En réunissant dans la cuve à levain 100 l. de vin de raisins secs en grande activité de fermentation, 100 l. de vinasse macérée sur la bagasse et additionnée de 25 kg. de mélasse, on dispose ce mélange à un mouvement fermentatif énergique. On a ainsi, au bout de quelques heures, un liquide servant de levain. C'est avec une partie de ce levain qu'on met en fermentation la mélasse diluée. Le résultat est toujours favorable, si l'on prend soin de fabriquer chaque jour la quantité de levain nécessaire aux besoins immédiats. Dans le cas où l'on ne peut pas se procurer des raisins secs, on se contentera de vinasses chargées de principes enlevés à la bagasse macérée. En améliorant la fermentation, on améliore en même temps le rendement et la qualité du tafia.

Fermentation des mélasses de cannes. — La mélasse de cannes contient ordinairement 50 °/₀ de sucre fermentescible qui, par la fermentation, se transforme en alcool.

Cet alcool emprunte à la mélasse plusieurs de ses éléments odorants, sapides, communiquant à la partie spiritueuse l'arôme, le goût qui caractérisent le rhum.

Aux colonies, le traitement de la mélasse est presque à l'état primitif, comme nous l'avons déjà dit plus haut; il se réduit à la mise en fermentation du sirop et à la distillation du mélange fermenté.

On dilue la mélasse avec de l'eau dans la proportion de 1 partie de sirop, 4 volumes d'eau froide et 1-2 volumes de vinasse d'une opération précédente, et on y ajoute le levain préparé suivant les indications données plus loin.

Sous l'influence de la température élevée, ce mélange entre rapidement en fermentation, ordinairement au bout de 12 heures.

Pour éviter que la levure ne s'épuise trop vite, il faut avoir soin de refroidir les cuves au moyen d'un serpentin réfrigérant de façon à ne jamais laisser la température s'élever au-dessus de 30-32° centigrades. Lorsque la fermentation est achevée, on distille le liquide dans un

Digitized by Google

appareil perfectionné, système Egrot, avec rectification simultanée, de manière à produire le 1er jet et sans interruption, le l'eau-de-vie à 60-70° centésimaux. Ce liquide constitue le tafia ; on l'améliore en le laissant vieillir.

D'après Porter, le procédé usité à la Jamaïque est le suivant :

On emploie 6 gallons de mélasses = 27 litres
36 gallons d'écumes = 163 litres 54.
par 100 gallons (= 454 litres) de liquide à fermenter, dont la richesse serait ainsi d'environ 18 %.

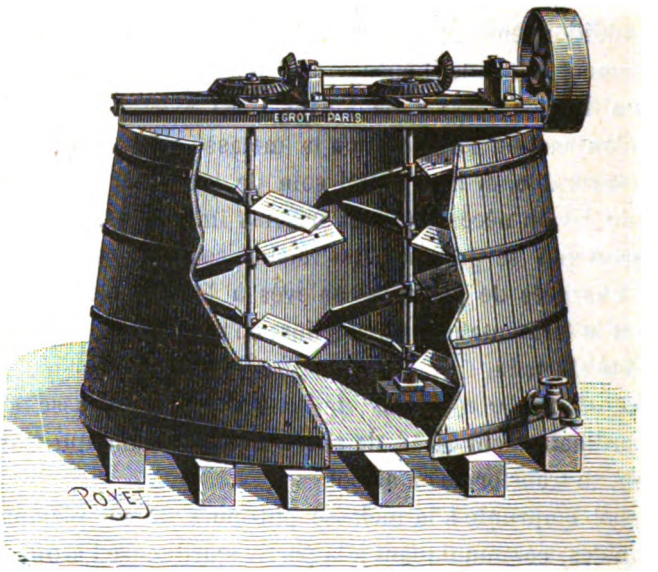


Fig. 390. — Cuve pour la préparation des moûts. Construction Egrot.

D'après une autre recette, indiquée par Porter et contrôlée par lui, 100 parties de liquide à fermenter contiennent :

10 parties de mélasse
30 parties d'écumes
ce qui fait environ 20 % de sucre.

On emploie, dans les deux cas, 25 à 50 % de *dunder* (vinasse) à la place d'eau. La fermentation dure de 8 à 12 jours. D'après Marewood, on opère comme suit dans les Indes-Occidentales : Les écumes de sucrerie sont mises dans un bac avec un peu de vesou et 25 % de mélasse et d'eau. On mélange bien le tout, et on abandonne le liquide à lui-même pendant 3-4 jours ou plus, lorsqu'on n'a pas de ferment à sa disposition, ce qui arrive toujours au commencement de la fabrication. La fermentation s'établit peu à peu. Lorsqu'elle est achevée on distille le liquide, puis on le repasse.

Digitized by Google

Aux îles sous le vent, on emploie :

1 partie d'écumes.
1 partie d'eau.
1 partie de vinasse d'une opération précédente.

La vinasse, comme dans les cas ci-dessus, fait fonction de ferment. Le mélange commence à fermenter au bout de 24 heures. On ajoute alors 6 kg, de mélasse par 100 l. de liquide. Au bout de 1-2 jours on fait une nouvelle addition de même importance, on règle la température par des additions d'eau froide ou chaude, suivant le cas. Au commencement de la campagne de distillation, on emploie souvent une certaine quantité de vesou.

Cette pratique a sa raison d'être, car la vinasse qu'on a conservée de la campagne précédente a perdu beaucoup de son activité, et d'autre part les écumes sont moins riches en sucre qu'aux mois de mars et d'avril. Au début, on observe les proportions suivantes :

Dans une cuve de 617 l., on met 270 l. d'écumes, 32 l. de mélasse et 310 l. d'eau.

Lorsqu'on possède de bonne vinasse, on emploie parties égales d'écumes, d'eau et de vinasse, et on ajoute 10 l. de mélasses par 100 l. de liquide. A défaut d'écumes, ce qui arrive en dehors de la campagne sucrière, on prend de l'eau et de la vinasse par parties égales, et on ajoute 122 l. de mélasses par 617 l. de liquide.

Le rendement en rhum varie entre 10 et 15 °/₀ du mélange.

En présence de la haute température qui règne sous les tropiques, il arrive souvent qu'une partie de l'alcool formé se transforme en acide acétique. Celui-ci n'exerce aucune action sur l'alcool à froid, mais à une température élevée, il en transforme une partie en éther acétique qui, on le sait, contribue à la formation du bouquet du rhum, mais dont l'excès est nuisible.

L'arôme particulier du rhum de la Jamaïque provient vraisemblablement de l'addition aux jus en fermentation d'une certaine quantité de vesou et même de morceaux de canne. Les huiles volatiles contenues dans la canne se communiquent au mélange, et sont entraînées dans le produit par la distillation. Herzfeld attribue l'effet utile des morceaux de canne à ce fait, que la canne constitue une matière première plus pure que la mélasse et qu'elle offre au ferment une alimentation plus riche.

Digitized by Google

Rôle de la vinasse. — Aux yeux des producteurs de rhum, la vinasse (dunder) joue un rôle très important dans la fabrication ; c'est pourquoi on la conserve soigneusement d'une campagne à l'autre, dans les cuves de fermentation même. Après quelque temps elle se couvre d'un voile épais qui empêche l'accès de l'air et constitue, lorsqu'elle est clarifiée, un liquide jaunâtre, d'une saveur amère. Certains fabricants même, surtout à la Jamaïque, considèrent qu'il est impossible d'obtenir du rhum fin sans employer de vinasse. Il est certain que le rendement quantitatif et qualitatif en est toujours augmenté.

Herzfeld fait remarquer à ce sujet que la vinasse, étant une décoction de levure, constitue un liquide très nutritif pour le ferment. Mais la vinasse vieille a encore d'autres avantages : elle renferme de l'acide butyrique qui, se transformant en éther butyrique, contribue à la formation du bouquet ; en second lieu, elle contribue à améliorer la fermentation par son acidité ; par suite la levure reste plus pure et le liquide est plus à l'abri des fermentations secondaires.

Fermentation par les levures pures cultivées par M. G. Jacquemin à Malzéville près Nancy. — M. H. Alliot, directeur des laboratoires de recherches de M. G. Jacquemin, est arrivé à sélectionner des levures de cannes à sucre dont l'emploi facilite considérablement la préparation des pieds de levure pour la fermentation. Ces levures, sélectionnées en vue du maximum de rendement en rhum d'un goût exquis, donnent à chaque distillateur, quelle que soit l'importance de son usine, le moyen de multiplier chez lui, selon ses besoins, le type de ferment approprié à la qualité que doivent avoir ses produits. Quatre doses seulement de levures sélectionnées, envoyées mensuellement, suffisent à la plus grande comme à la plus petite distillerie pour fabriquer chaque jour les quantités de ferments indispensables au travail.

A cet effet, M. Jacquemin a adopté un mode spécial d'expédition qui assure à la levure une très longue conservation. Une dose de levure pour l'exportation comporte : 1° une petite fiole de 40 gr. contenant le ferment initial à l'état de vie ralentie ; 2° un grand flacon de 1 000 gr. de capacité renfermant 1 litre de moût nutritif spécial stérilisé, destiné au réveil de la levure lorsqu'elle est arrivée à l'usine. On ouvre ces fioles avec précaution, on en flambe l'ouverture pour empêcher tout ferment étranger d'y pénétrer, et on introduit le contenu de

Digitized by Google

la petite fiole dans le litre de moût : on place le flacon dans un endroit où règne une température de 25-30° C. jusqu'à ce que le réveil se soit produit, ce qui exige 2-4 jours, au bout desquels on verse le contenu du grand flacon dans un appareil à levain fourni également par M. Jacquemin.

L'usage de ces levures est excessivement avantageux pour le distillateur ; il permet d'obtenir 57 à 60 litres d'alcool à 100° par 1 000 kg. de cannes, soit une augmentation de 27 à 40 % sur les rendements couramment obtenus dans l'ancien procédé. En outre, la fermentation s'achève en 40 heures, au lieu de traîner en longueur pendant 7 et 8 jours dans les procédés ordinaires. Enfin, l'emploi des levures pures permet de supprimer les fermentations secondaires et, par suite, d'améliorer sensiblement la qualité des produits et d'obtenir constamment des alcools de qualité égale.

FERMENTATION DU VESOU

Le vesou ou jus de cannes est traité de la même manière que les mélasses. On peut le faire fermenter spontanément ou de préférence avec du levain préparé comme il a été dit plus haut. Le vesou étant plus pur que la mélasse, qui n'en est que le résidu, fermente mieux, et fournit un rhum plus fin qu'on emploie généralement pour relever la qualité des rhums de qualité moins bonne.

APPAREILS POUR LA DISTILLATION DU RHUM

Pour la distillation du rhum, on se sert des appareils que nous allons décrire.

Ces alambics sont généralement d'une construction très simple ; la chaudière présente une grande surface de chauffe, elle est en cuivre très épais pour résister aux attaques des jus qui sont toujours fortement acides. Le serpentin réfrigérant, enfermé dans une bâche en tôle, est en cuivre étamé.

La distillation s'effectue avec cet appareil comme avec un brûleur simple. On met à part les produits qui coulent au commencement et à la fin de l'opération et on les repasse dans une chauffe suivante.

On n'obtient du premier jet que des flegmes à faible degré ; pour en obtenir du rhum à 50 ou 60°, on est obligé de les repasser.

En employant le rectificateur sphérique (fig. 392) on obtient du premier jet du rhum rectifié au degré voulu, c'est-à-dire à 60-65° envi-

Digitized by Google

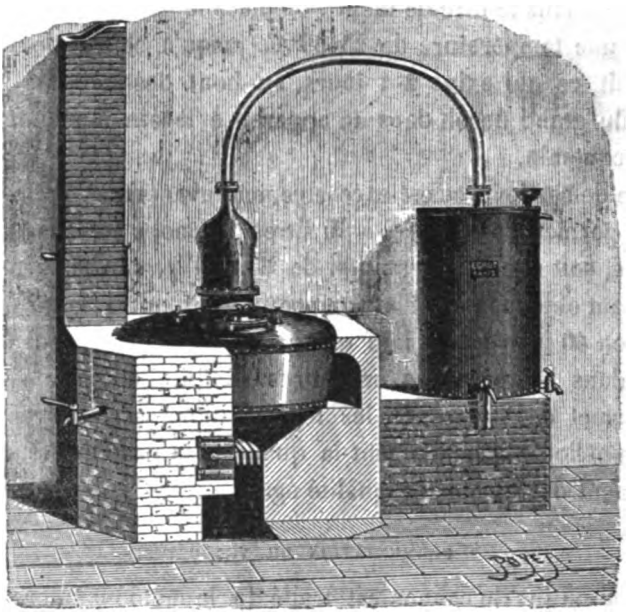


Fig. 391. — Alambic simple, à feu nu.

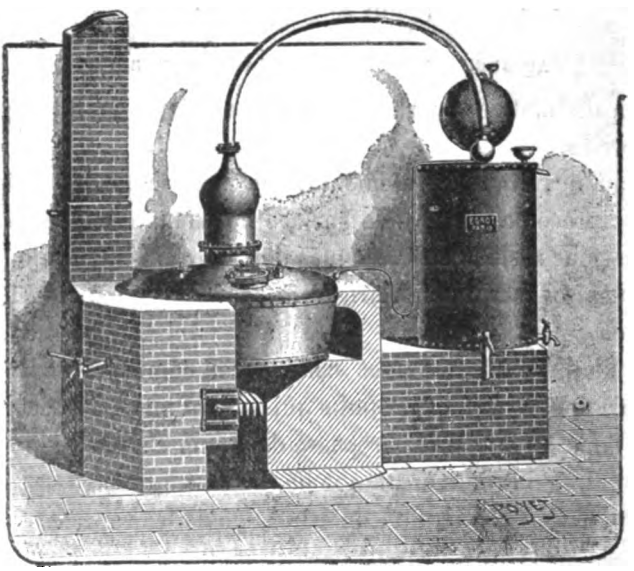


Fig. 392. — Alambic simple à rectificateur sphérique. Construction Egrot.

Digitized by Google

ron. Quand la distillation commence, on fait couler un filet d'eau dans l'entonnoir placé au sommet de ce rectificateur ; le degré alcoolique du produit obtenu sera d'autant plus élevé qu'on fera couler davantage d'eau pour obtenir la rectification ou séparation des produits lourds, qui retournent alors à la chaudière.

La figure 393 ci-dessous représente le même appareil avec chauffe-vin ; il est plus économique que les précédents, dépense peu d'eau et de combustible.

En même temps qu'on charge la chaudière, on emplit le chauffe-vin

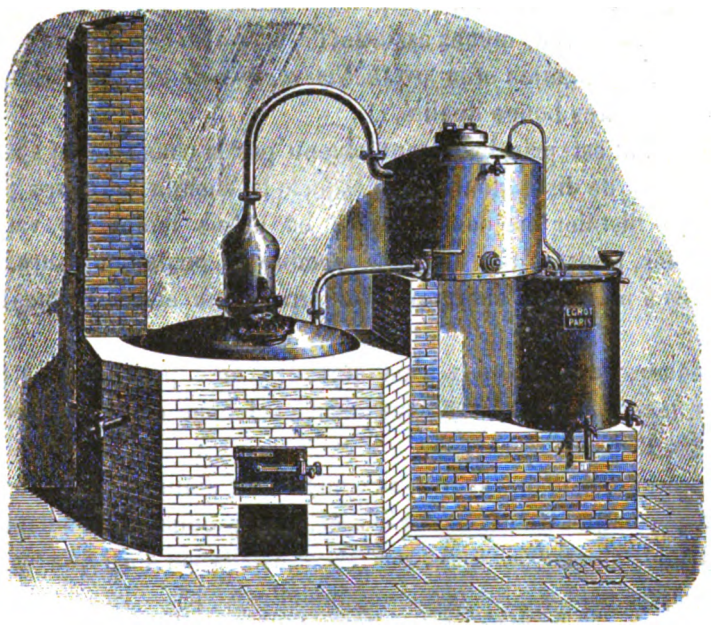


Fig. 393. — Alambic simple avec chauffe-vin. Construction Egrot.

de liquide à distiller. Les vapeurs, avant de se rendre au serpentin réfrigérant traversent un serpentin placé dans le chauffe-vin, où elles se condensent en partie, en cédant une certaine quantité de leur chaleur au liquide qui y est contenu.

Lorsque la distillation est achevée, on vide la chaudière et on la recharge avec le jus déjà chauffé dans le chauffe-vin ; on remplit de nouveau ce dernier de jus frais qui servira à charger l'alambic pour l'opération subséquente.

Ce liquide, déjà très chaud, est rapidement mis en ébullition ; on se rend facilement compte de l'augmentation du nombre des opéra-

Digitized by Google

tions qu'on peut ainsi faire, et des économies d'eau et de combustible qui en résultent.

Pour les appareils d'une certaine importance, il est utile de se munir d'une *pompe* pour élever les vins dans le chauffe-vin, et l'eau dans le bassin qui alimente le réfrigérant.

Les rhummeries importantes ont intérêt à travailler d'une façon suivie en employant les appareils continus dont suit la description.

Appareil de distillation continue, système Egrot. — Les appareils de distillation continue imaginés par M. Egrot, ont été établis dans le but de réduire le nombre des plateaux et les dimensions générales de l'appareil, tout en assurant l'*épuisement complet* du liquide soumis à la distillation et la *production d'eaux-de-vie ou à volonté de trois-six*, de très bonne qualité.

Ce résultat est principalement obtenu par la construction spéciale des plateaux de distillation, dans lesquels le chemin parcouru par le liquide à distiller est considérable ; en même temps les vapeurs alcooliques, divisées par un grand nombre de petits bouilleurs, sont soumises à un lavage énergique qui produit un enrichissement très rapide.

Le nombre des plateaux n'est que de 4 ou 5 pour les vins ordinaires, tandis que les autres systèmes à colonnes employés nécessitent 18 à 25 plateaux et plus.

La pression dans la colonne se trouve donc diminuée de beaucoup, ce qui permet un travail plus régulier, une production meilleure, et moins d'entraînements. Enfin les frais d'installation ainsi que les frais de transport sont rendus beaucoup moindres.

L'appareil de distillation continue, système Egrot, se compose de 4 parties essentielles :

La *chaudière*, où le liquide à distiller est porté à l'ébullition ;

La *colonne*, où les vapeurs alcooliques sont concentrées et purifiées ;

Le *chauffe-vin* et le *réfrigérant*, qui analysent les vapeurs alcooliques et les condensent ensuite.

La particularité la plus grande de cet appareil réside surtout dans la disposition intérieure de la colonne et aussi dans l'heureuse proportion de ses diverses parties qui assurent l'épuisement complet du vin soumis à la distillation.

La colonne est formée de 4 ou 5 plateaux superposés, montés sur

Digitized by Google

la chaudière qui est placée dans un fourneau, ou reçoit un serpentin dans le cas de chauffage par la vapeur.

La figure 394 représente en coupe la disposition d'un plateau. Le liquide arrivant d'un plateau supérieur par le tuyau *a*, parcourt dans le sens des flèches l'anneau extérieur *ab*, descend en *c* et parcourt en sens inverse *cd*. Il suit de même les quatre anneaux concentriques disposés les uns au-dessous des autres, comme le montre la coupe de

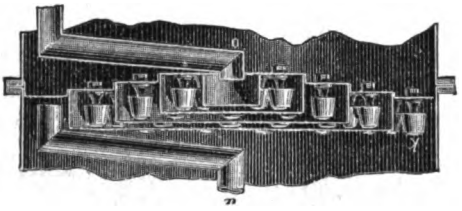


Fig. 394. — Plateau Egrot. Coupe.

l'appareil. Enfin, arrivé au centre du plateau, en O, ce liquide descend sur le plateau inférieur où il recommence une circulation semblable. La surface du plateau est donc utilisée de telle sorte que le vin y parcourt un chemin très long ; de plus, la disposition en cas-

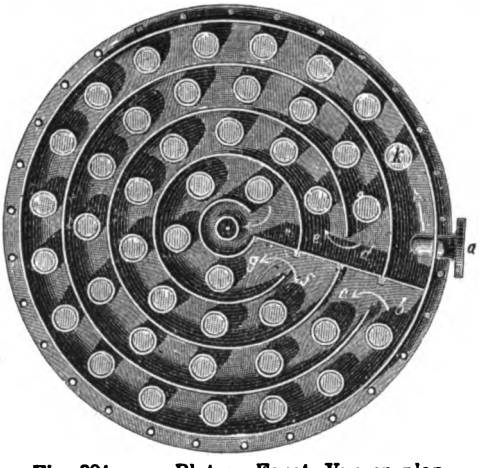


Fig. 394 *a*. — Plateau Egrot. Vue en plan.

cades lui permet d'effectuer ce long parcours avec une grande régularité de niveau ; enfin, le grand nombre des petits bouilleurs *k* interposés sur le passage du liquide, le divisent, le brassent et font que toute la masse est bien exposée aux vapeurs montantes.

Marche de l'appareil (fig. 395). — Pour mettre cet appareil en marche, il suffit de remplir le bac supérieur du vin ou du jus que l'on

Digitized by Google

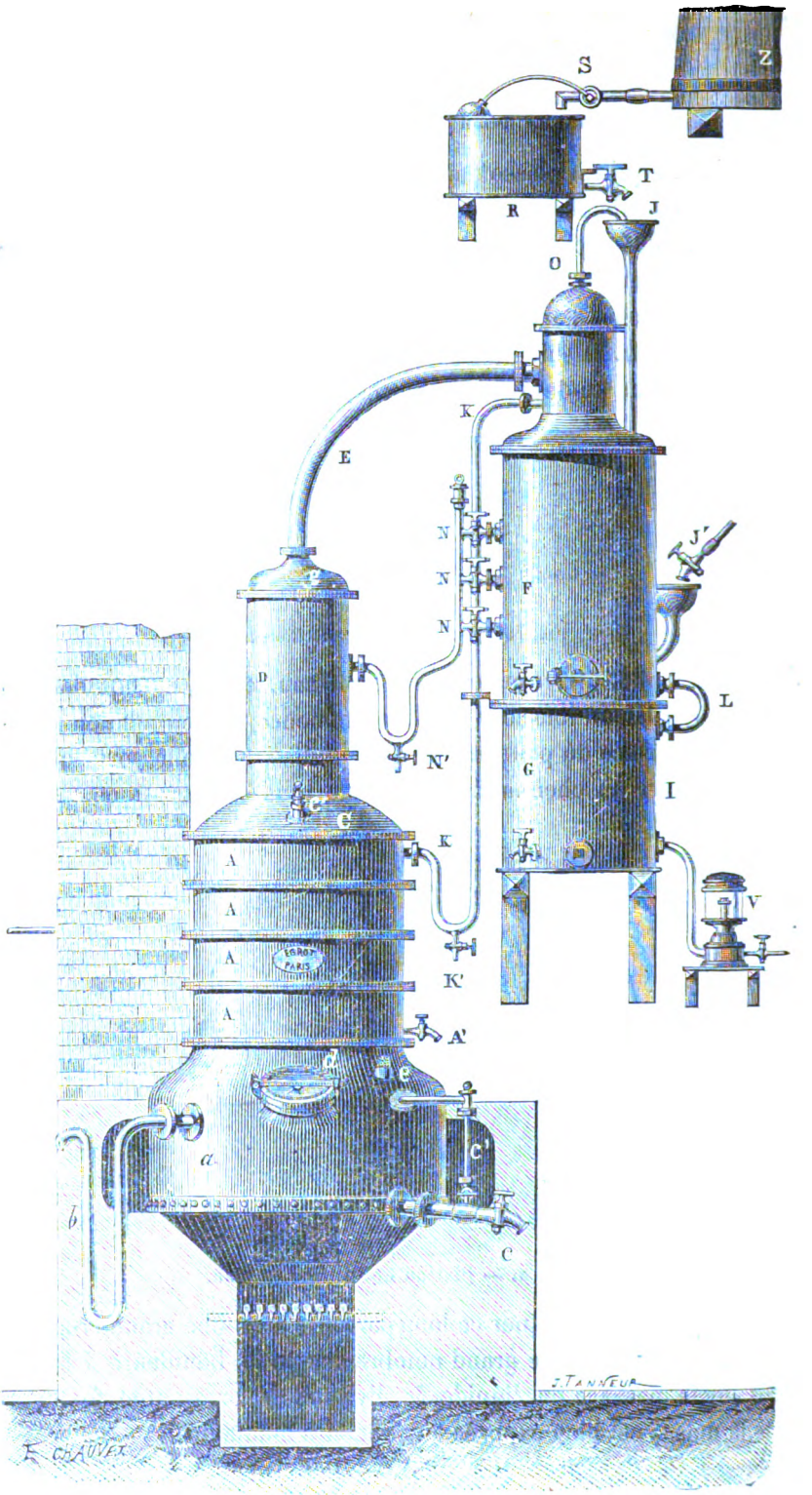


Fig. 395. — Appareil de distillation continue, à feu nu, système Egrot.

A Plateaux de distillation — *a* chaudière en cuivre — *b* syphon; sortie des vinasses — D colonne de rectification — E Col de cygne — F chauffe-vin — G réfrigérant — J entonnoir d'entrée du vin — J' entonnoir entrée d'eau — *k* tuyau de circulation du vin — N robinet de rétrogradation — R cuvette régulatrice — V éprouvette de sortie.

Digitized by Google

veut distiller, au moyen d'une pompe ; puis on ouvre le robinet qui laisse couler le vin dans le réfrigérant G, le chauffe-vin F, et les plateaux de distillation AAAA, en ayant soin de remplir également la chaudière *a*.

Quand l'appareil doit marcher à feu nu, on remplit la chaudière *a* avec de l'eau, en l'introduisant par le tampon, puis on chauffe ; l'eau de la chaudière entre en ébullition et les vapeurs qu'elle fournit passent au travers de chacun des plateaux de distillation AAAA, et dépouillent le vin de l'alcool qu'il contenait ; de là les vapeurs alcooliques s'élèvent dans la colonne à rectifier D, où elles s'épurent, puis arrivent dans le serpentin rectificateur contenu dans l'enveloppe F, en passant par le tuyau E; enfin, les vapeurs alcooliques après avoir été plus ou moins déflegmées dans ce serpentin et à la volonté de celui qui conduit l'appareil, arrivent dans le serpentin réfrigérant contenu dans l'enveloppe G pour sortir à l'état de liquide reçu dans l'éprouvette V, où se trouve un pèse-alcool qui marque le degré auquel arrive l'eau-de-vie ou alcool.

Le vin suit une marche en sens opposé à celle de l'alcool ; on l'introduit dans l'appareil en ouvrant le robinet à cadran ; l'entonnoir J qui le reçoit, le porte à la base de l'enveloppe F. Le vin après avoir soulevé successivement toutes les couches de liquide contenues dans l'enveloppe F, se déverse à la partie supérieure du chauffe-vin par le tuyau K, qui le porte dans le premier plateau de distillation A, où après avoir parcouru toutes les galeries, il se déverse sur celui inférieur et successivement sur les autres plateaux jusque dans la chaudiere *a*, d'où il s'échappe en *b*, à l'état de vinasse complètement épuisée.

Le vin, en parcourant les galeries intérieures dont se trouvent formés les plateaux AAAA, rencontre une grande quantité de petits bouilleurs qui divisent fortement la vapeur en distillation et agitent sans cesse le vin, ce qui fait que ce dernier se dépouille facilement de l'alcool qu'il contient ; c'est aussi à cette nouvelle disposition que l'on doit la qualité des produits que donne cet appareil. On fait arriver par le robinet J' l'eau du réfrigérant, qui, par un tuyau est conduite à la partie inférieure du réfrigérant G, d'où elle s'écoule par un trop-plein.

Et ce fait est facile à expliquer si l'on considère que le vin, pour subir un épuisement complet, ne séjourne pas plus de dix à quinze

Digitized by Google

minutes : il a très peu subi l'action calorique, et les huiles empyreumatiques ou de mauvais goûts n'ont pu se former et passer avec le produit ; c'est sur ce fait que reposent les avantages de cet appareil (distillation prompte sous un petit volume). Lorsque le degré alcoolique du vin à distiller ou sa température n'est pas très élevé, on peut n'employer à la réfrigération que le vin. Il suffit de faire communiquer l'entrée du vin J avec un tuyau qui le porte à la partie inférieure du réfrigérant G, et d'ouvrir une communication intérieure entre le réfrigérant G et le chauffe-vin F.

Dans les appareils de petite dimension (jusqu'à n° 1 inclus) le réfrigérant G est supprimé et le vin peut seul être employé à la réfrigération.

Quand les vins ou jus fermentés quelconques que l'on veut soumettre à la distillation sont très alcooliques et qu'ils dépassent 8° centésimaux, il peut devenir nécessaire de mettre un ou plusieurs plateaux de distillation en plus pour le parfait épuisement des vinasses.

Appareil Egrot, pour la production des alcools à 85-90° Gay-Lussac (34-36° Cartier). — L'appareil Egrot ordinaire produit des eaux-de-vie dont on peut faire varier à volonté le degré depuis 60 jusqu'à 80. Pour obtenir des alcools à un degré supérieur, il est nécessaire d'ajouter à l'appareil le chapiteau rectificateur E avec lequel on obtient *au premier jet* des alcools marquant 85-90°.

La fig. 397 montre l'appareil de distillation continue muni du chapiteau rectificateur E, qui remplace le chapiteau de l'appareil ordinaire. Cette figure représente l'appareil chauffé à vapeur et muni du régulateur automatique d'arrivée de vapeur P.

L'appareil de distillation chauffé à feu nu (type L, fig. 397) comprend une chaudière en cuivre de forte épaisseur placée dans un fourneau en maçonnerie ou en tôle ; les vinasses sortant de la colonne de distillation entrent dans cette chaudière où elles sont soumises à l'ébullition ; les vapeurs produites servent à chauffer la colonne à distiller. Suivant que le feu est plus ou moins vif, la pression dans la chaudière est plus ou moins forte et ses fluctuations se transmettent dans un récipient en cuivre H en communication avec la chaudière par un tuyau inférieur : un flotteur placé dans ce récipient suit les variations de niveau et agit par l'intermédiaire de leviers sur le robinet qui règle l'entrée du vin dans la colonne.

Digitized by Google

Le vin passe par le chauffe-vin B, entre dans la colonne à distiller A et sort, épuisé d'alcool, à la partie inférieure, pour se rendre dans la chaudière.

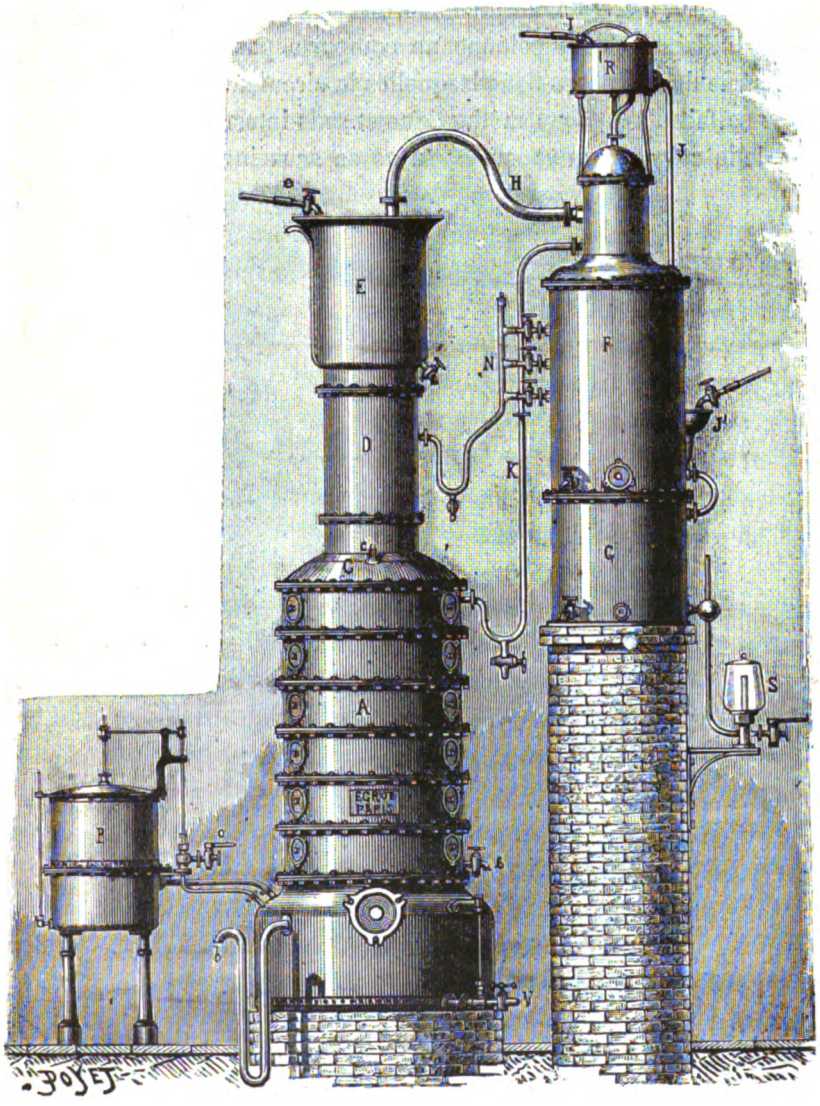


Fig. 397. — Appareil de distillation continue, muni d'un chapeau rectificateur, système Egrot.

Nouveaux appareils de distillation continue à colonne inclinée, système Guillaume. — Les appareils imaginés par M. E. Guillaume pour la distillation continue sont prévus pour répondre à tous les

Digitized by Google

besoins : mode de chauffage à feu nu ou à vapeur, obtention de l'alcool à 60-70° Gay-Lussac, 90-92° ou 95°, division possible en petits colis pour faciliter les transports.

La colonne à distiller est inclinée, du type dit « Inobstruable », système Guillaume ; cette colonne ne comporte pas de plateaux, mais une série de chambres dans lesquelles la circulation du liquide alcoolique se fait d'une façon méthodique et sans interruption du haut en bas de la colonne ; la vapeur chemine en sens inverse, en traversant

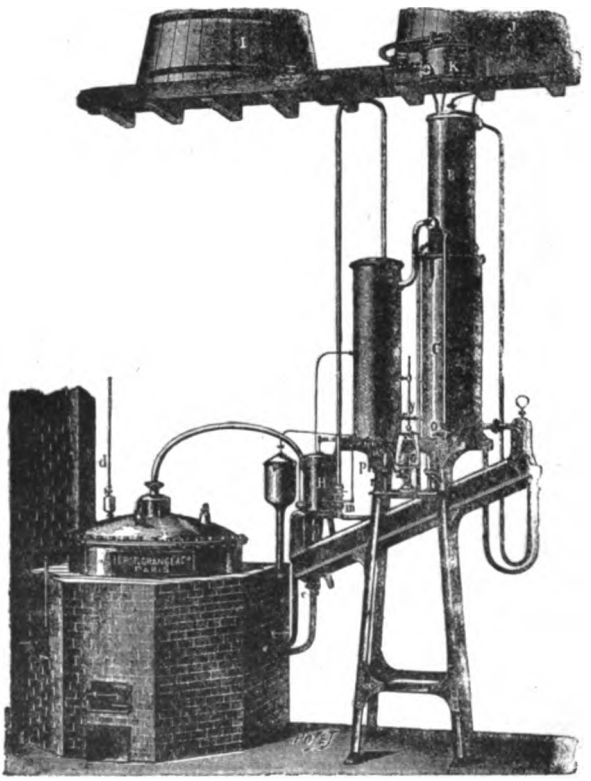


Fig. 397. — Appareil de distillation à feu nu, système E. Guillaume.

dans chacune des chambres le liquide alcoolique. Les avantages de cette colonne sont multiples : elle ne peut s'obstruer ; elle nécessite très peu de hauteur, son démontage en vue des nettoyages est très facile.

Les vapeurs alcooliques sortant de la colonne de distillation pénètrent dans la colonne de concentration C construite selon le cas pour obtenir des alcools soit à 90-92°, soit à 95° Gay-Lussac ; elles passent

Digitized by Google

ensuite dans le chauffe-vin B dans lequel une partie se condense et retourne à la colonne; le surplus passe à un condenseur réfrigérant et coule à l'éprouvette G où l'on règle la quantité d'alcool à extraire d'après le degré à obtenir.

Une éprouvette G′ permet l'extraction continue d'une certaine quantité de mauvais goûts, ce qui purifie d'autant l'alcool qui coule en G.

Appareil de distillation continue, système Guillaume, chauffé à la vapeur (fig. 398). — Dans cet appareil le vin provenant d'une cuvette K passe par le robinet M réglé à la main. Un régulateur de vapeur placé sur la colonne de distillation agit sur l'arrivée de vapeur en vue de maintenir dans l'appareil une pression constante.

Les autres parties de l'appareil sont les mêmes que dans le type fonctionnant à feu nu.

Les appareils de distillation continue système Guillaume, construits par la Société des Etablissements Egrot, à Paris, ont une grande puissance sous un encombrement restreint; les régulateurs dont ils sont munis assurent un excellent fonctionnement sans personnel spécial, leur emploi permet de réduire au minimum la dépense de combustible.

Appareil à rectifier, Système Egrot, Breveté S. G. D. G., produisant, avec des flegmes de première distillation, des alcools extra-neutres à 96-97° Gay-Lussac exempts de tout goût d'origine.— L'appareil de rectification, système Egrot (fig. 399), permet d'obtenir avec des flegmes de première distillation des alcools extra-neutres à 96-97° centésimaux complètement dépourvus de goût d'origine. Cet appareil se compose : d'une chaudière A, en tôle forte (que sur demande spéciale, on construit en cuivre), et qui reçoit les flegmes obtenus préalablement dans un appareil de distillation, et dont le degré est abaissé à 40°, 45° ou 50° selon les cas.

Les vapeurs montent dans la colonne de rectification B, et passent ensuite dans l'analyseur C où elles se séparent en deux parties : l'une qui s'y condense et retourne par le tube de rétrogradation dans la colonne rectificatrice, et l'autre qui se rend dans le réfrigérant D, d'où elle sort liquide et refroidie, par l'éprouvette P qui contient un thermomètre et un alcoomètre.

La régularité de fonctionnement est obtenue par la cuvette régulatrice du débit de l'eau G, et par le régulateur automatique de vapeur K.

Digitized by Google

Une pompe élève l'eau dans le réservoir F, et une autre conduit les

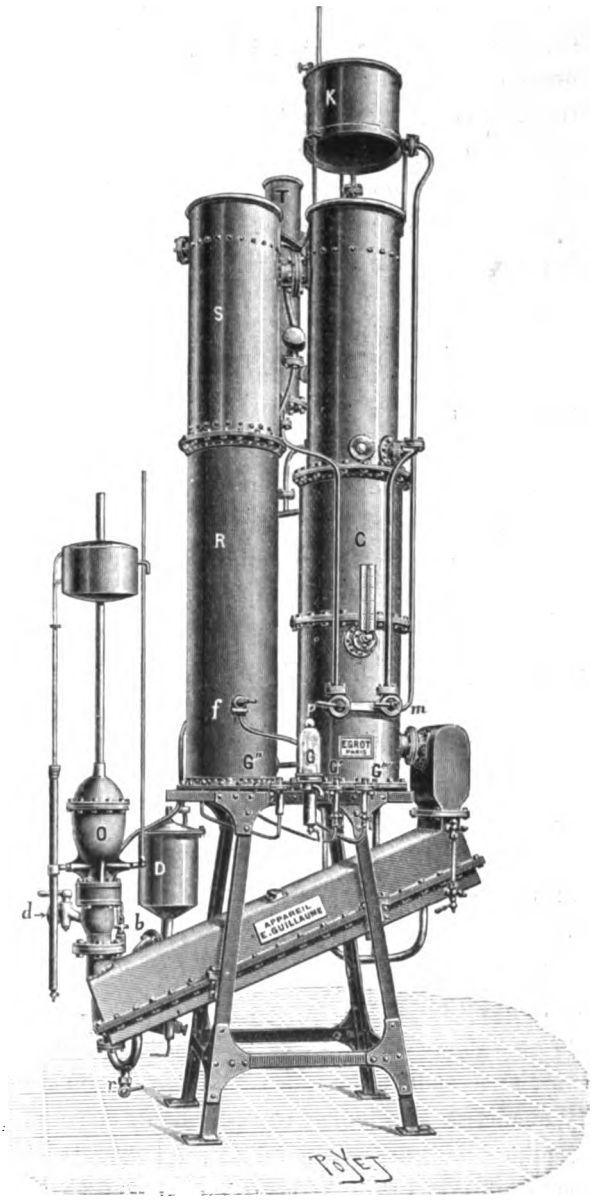


Fig. 398. — Appareil de distillation continue, système E. Guillaume, chauffé à vapeur.

flegmes à rectifier. On emploie très souvent, à cet effet, l'ensemble de pompes dit « type America. »

Digitized by Google

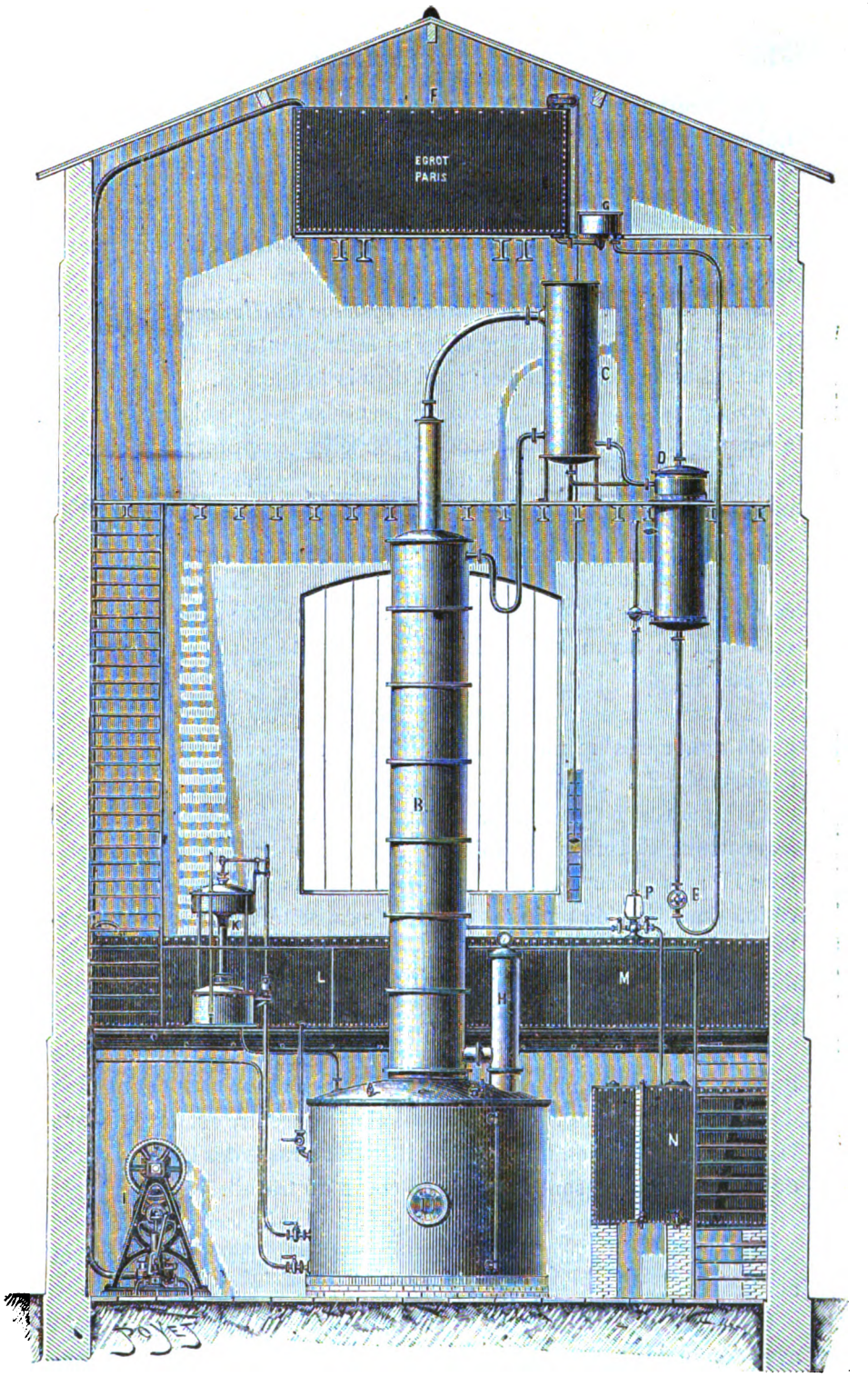


Fig. 399. — Appareil à rectifier, système Egrot.

Digitized by Google

Les réservoirs L, M et N, servent à recevoir : les mauvais goûts qui coulent à la fin de l'opération et qui sont séparés pour être retravaillés ensuite dans l'appareil ; les bons goûts ou alcools extra-fins, dont la proportion est supérieure à celle des appareils ordinaires et enfin une certaine proportion de mauvais produits qui ne sont pas retravaillés.

Appareil de rectification continue système Guillaume (fig. 400). — Cet appareil réalise de la façon la plus satisfaisante le problème de la rectification continue qui était posé depuis longtemps.

Les flegmes provenant du bac *a* passent par le robinet de réglage *f*, s'échauffent dans le récupérateur H où elles empruntent la chaleur des eaux résiduaires rejetées de l'appareil, et entrent dans la partie médiane de la colonne BB′ dite colonne d'extraction des produits de tête, chauffée à la partie inférieure.

Les produits de tête sont envoyés vers le haut où ils se concentrent, se séparent dans le condenseur J de l'alcool entraîné et se condensent en J′ d'où un tuyau les conduit à l'éprouvette Y où on règle leur extraction.

En même temps on fait dans la colonne B′ une extraction de moyens goûts qui, après refroidissement dans le réfrigérant O, coulent à l'éprouvette Y″.

Le liquide alcoolique épuré sortant du bas de la colonne B se rend à la colonne d'épuisement E dont le chauffage est réglé par le régulateur TT′ ; les vapeurs produites se rendent dans la colonne de rectification C munie d'un récipient de grande capacité V qui, par son volant, assure la régularité de marche de l'appareil. Les eaux, épuisées d'alcool, sortant au bas de E vont au récupérateur H chauffer les flegmes venant du bac.

Dans le bas de la colonne C on fait l'extraction des produits de queue. Les vapeurs alcooliques s'enrichissent dans cette colonne et dans les condenseurs K et K′. L'alcool ainsi concentré est envoyé dans la colonne d'épuration finale DD′ où il se débarrasse des traces de produits de tête qui se sont reformés au cours du travail.

L'alcool achevé passe dans le réfrigérant O et l'éprouvette X.

Les régulateurs d'eau U et U′ concourent à la marche régulière et automatique.

Cet appareil donne une très grande proportion d'alcool bon goût avec une importante économie de charbon par rapport à la rectifica-

Digitized by Google

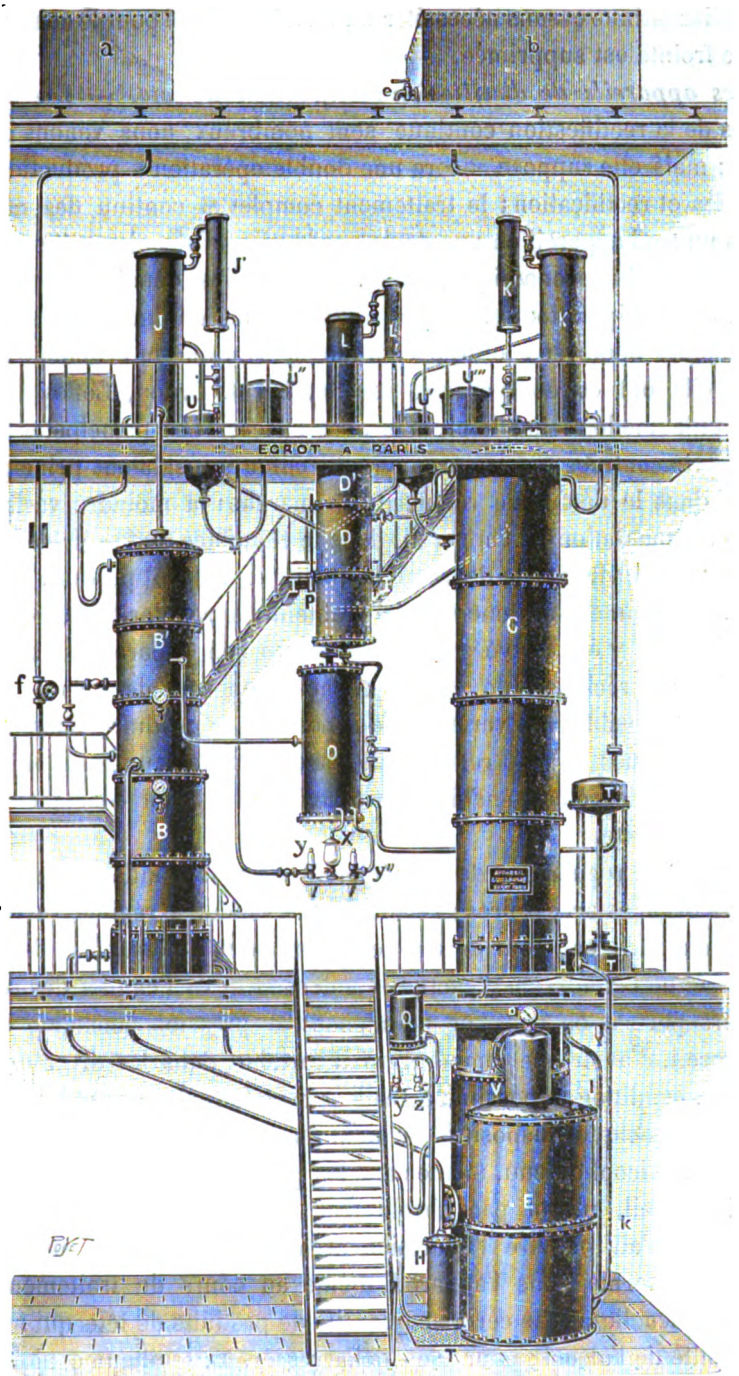


Fig. 400. — Appareil de rectification continue, système E. Guillaume.

Digitized by Google

tion discontinue et sans nécessiter un ouvrier spécial pour le conduire ; toute freinte est supprimée.

Les appareils de distillation-rectification directe. — Les avantages de la rectification continue sont nombreux, nous venons de le voir ; mais elle suppose encore une double opération : production de flegmes et rectification ; le traitement complet et continu des moûts dans un seul appareil en vue de la production d'alcool rectifié est le procédé le plus économique, puisqu'il réduit les dépenses de charbon, de manipulation, et de main-d'œuvre au minimum ; aussi des inventeurs nombreux ont-ils cherché la solution du problème ; des appareils ont été essayés par Savalle, Egrot, Druon, Coffey ; enfin M. Guillaume le réalisa le premier avec succès. Les principales difficultés rencontrées par les premiers inventeurs résidaient principalement dans le défaut de régularité de marche ; la moindre variation dans l'alimentation de l'appareil, dans le chauffage ou la réfrigération agissait très vite sur le degré ou la qualité de l'alcool produit.

M. Guillaume s'est donc attaché à obtenir la régularité absolue de marche et il y est arrivé en disposant dans son appareil à l'endroit propice un récipient de grande capacité qui sert de volant pour rendre insensibles les variations qui peuvent se produire dans le degré alcoolique ; — il en résulte que les divers plateaux sont toujours chargés au degré convenable pour obtenir un produit constant et de qualité parfaite.

A l'action régulatrice de ce récipient s'ajoute d'ailleurs celle des divers organes accessoires : régulateur de vapeur à régime variable, et régulateur d'eau pour le réglage automatique du chauffage de l'appareil et de l'admission d'eau aux condenseurs ; — l'emploi des régulateurs permet en effet, en maintenant la pression constante dans l'appareil, d'avoir une température invariable dans les diverses colonnes, condition impossible à réaliser avec le réglage à la main.

Enfin, quelques dispositifs qu'aient pu adopter les inventeurs précédents, l'alcool obtenu, même dans les périodes de marche régulière de l'appareil, n'était pas absolument neutre ; c'est qu'en effet, si parfaite qu'ait pu être l'épuration préalable, on ne peut empêcher qu'il se reforme dans l'appareil même au cours du traitement du liquide alcoolique une certaine quantité de produits de tête qui nuit à la qualité de l'alcool ; pour s'en débarrasser, M. Guillaume ajoute à la suite de la colonne de concentration une colonne spéciale, dite

Digitized by Google

colonne d'épuration finale, dans laquelle l'alcool est soumis à une légère ébullition qui le purifie de tous les produits secondaires reformés en cours de travail.

L'alcool sortant de cette colonne est complètement neutre.

Appareil de distillation-rectification directe, système Guillaume, type agricole (fig. 401). — Cet appareil, d'un fonctionnement facile et régulier, a été établi pour les distilleries agricoles où il n'exige pas d'ouvriers distillateurs spéciaux.

Il comprend une colonne à distiller A dans laquelle arrive le vin. Les vapeurs alcooliques produites se rendent dans la colonne de concentration C munie du récipient accumulateur V.

En V et en U on fait respectivement des extractions de produits de queue et de moyens goûts ; les vapeurs alcooliques s'enrichissent dans la colonne C, l'alcool obtenu passe dans la colonne d'épuration finale D qui effectue la séparation des produits de tête ; ceux-ci sont condensés en K et K′ et viennent couler à l'éprouvette spéciale Y′. L'alcool épuré se refroidit en O et se rend à l'éprouvette X.

Cet appareil n'est pas plus difficile à conduire qu'un appareil de distillation continue, et la dépense de vapeur n'est pas beaucoup plus grande.

Appareil de distillation-rectification directe, système Guillaume type industriel (fig. 402). — Cet appareil donne de l'alcool extra neutre avec une proportion très élevée de bons goûts.

Son fonctionnement est le même que celui du rectificateur continu décrit précédemment ; il comporte en plus une colonne à distiller et les vapeurs alcooliques qui en proviennent se rendent à la colonne BB′ ; les autres organes sont les mêmes.

Nous devons toutefois indiquer un des perfectionnements qui, dans cet appareil, permet l'obtention d'une qualité d'alcool de toute première qualité ; c'est l'emploi du procédé dit de *dilution* imaginé par M. Guillaume, et basé sur le phénomène suivant : lorsqu'à un liquide alcoolique en ébullition on ajoute de l'eau pour ramener sa concentration à un certain degré inférieur, une partie des produits de queue est entraînée dans les vapeurs avec les produits de tête, de sorte que le liquide alcoolique restant ne contient plus que la dernière partie des produits de queue dont la séparation est alors plus aisée.

Pour réaliser ce principe, M. Guillaume fait une arrivée d'eau (ce

Digitized by Google

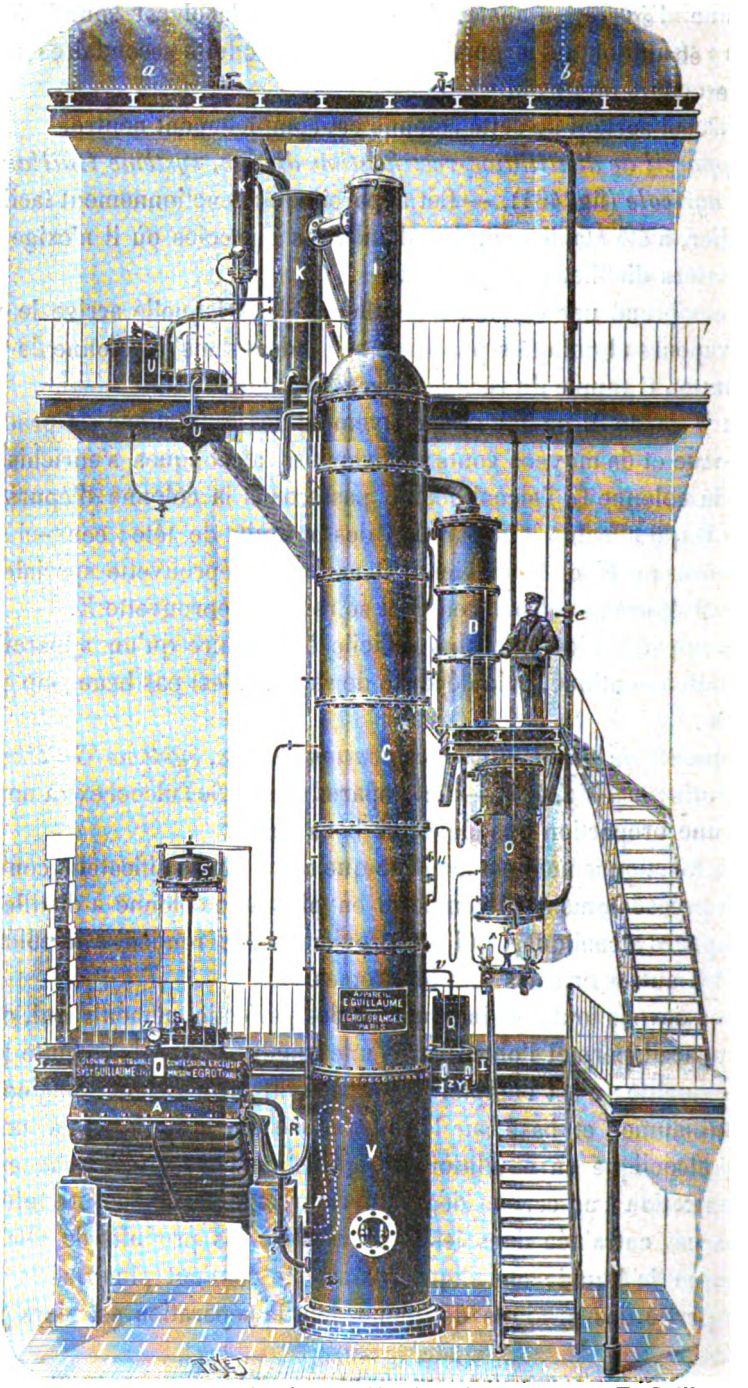


Fig. 401. — Appareil de distillation-rectification directe, système E. Guillaume, type C (agricole)

Digitized by Google

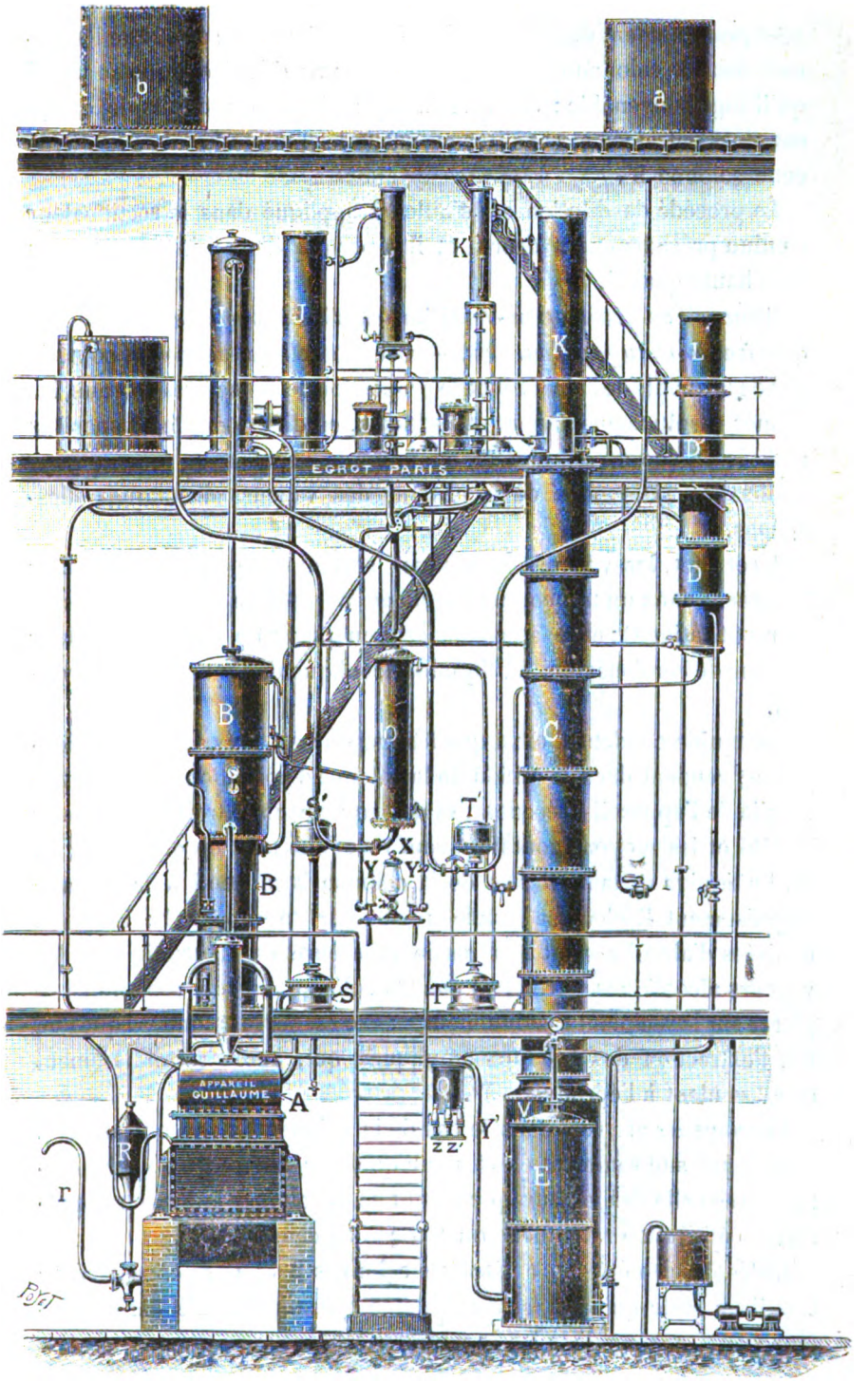


Fig. 402. — Appareil de distillation-rectification directe, système E. Guillaume, type B (industriel)

Digitized by Google

sont pratiquement des eaux résiduaires bouillantes sortant de l'appareil) dans la colonne B′ pour y ramener le liquide alcoolique au degré qu'il juge convenable ; une certaine quantité des produits de queue est alors entraînée et constitue en partie les moyens goûts extraits de cette colonne B′.

Le procédé de dilution est d'ailleurs appliqué dans le rectificateur continu précédemment décrit, et il a permis d'obtenir l'alcool de la plus haute qualité.

Appareil de distillation-rectification directe système Guillaume, type à auto-chauffage (fig. 403). — Cet appareil qui donne, au point de vue de la qualité de l'alcool et de la proportion de bons goûts obtenus, les mêmes résultats que l'appareil ci-dessus, en diffère par les dispositifs réalisés en vue de réduire au minimum la dépense de vapeur pour l'utilisation rationnelle de la chaleur des vapeurs alcooliques elles-mêmes.

A cet effet, les vapeurs alcooliques sortant de la colonne à distiller A passent dans un tronçon de chauffage W placé au bas de la colonne de rectification C ; elles se condensent en partie en transmettant leur chaleur de condensation au liquide alcoolique de l'intérieur du tronçon.

Le liquide condensé, ainsi que les vapeurs et les gaz non condensés, se rendent dans le milieu de la colonne d'épuration BB′ analogue à celle de l'appareil précédent, et de laquelle on extrait les produits de tête et les moyens goûts qui sont recueillis aux éprouvettes Y et Y′. Le liquide sortant du bas de la colonne B se rend à la colonne d'épuisement E chauffée par le régulateur de vapeur S′ ; les eaux épuisées d'alcool sortent à la partie inférieure de E, tandis que les vapeurs alcooliques se rendent dans la colonne dite de remontage G placée sur le récipient accumulateur V ; — c'est sur la colonne G que l'on fait l'extraction des produits amyliques qui, après refroidissement en Q, coulent à l'éprouvette Y′.

Les vapeurs arrivent dans le bas de la colonne de concentration C à un degré suffisamment élevé pour que leur différence de température avec celle des vapeurs provenant de la colonne à distiller A permette l'utilisation rationnelle du tronçon de chauffage W.

L'alcool qui a été épuré dans les colonnes B et G se concentre en C et il ne reste qu'à lui faire subir une épuration finale dans la colonne DD′, comme dans les appareils précédents.

Digitized by Google

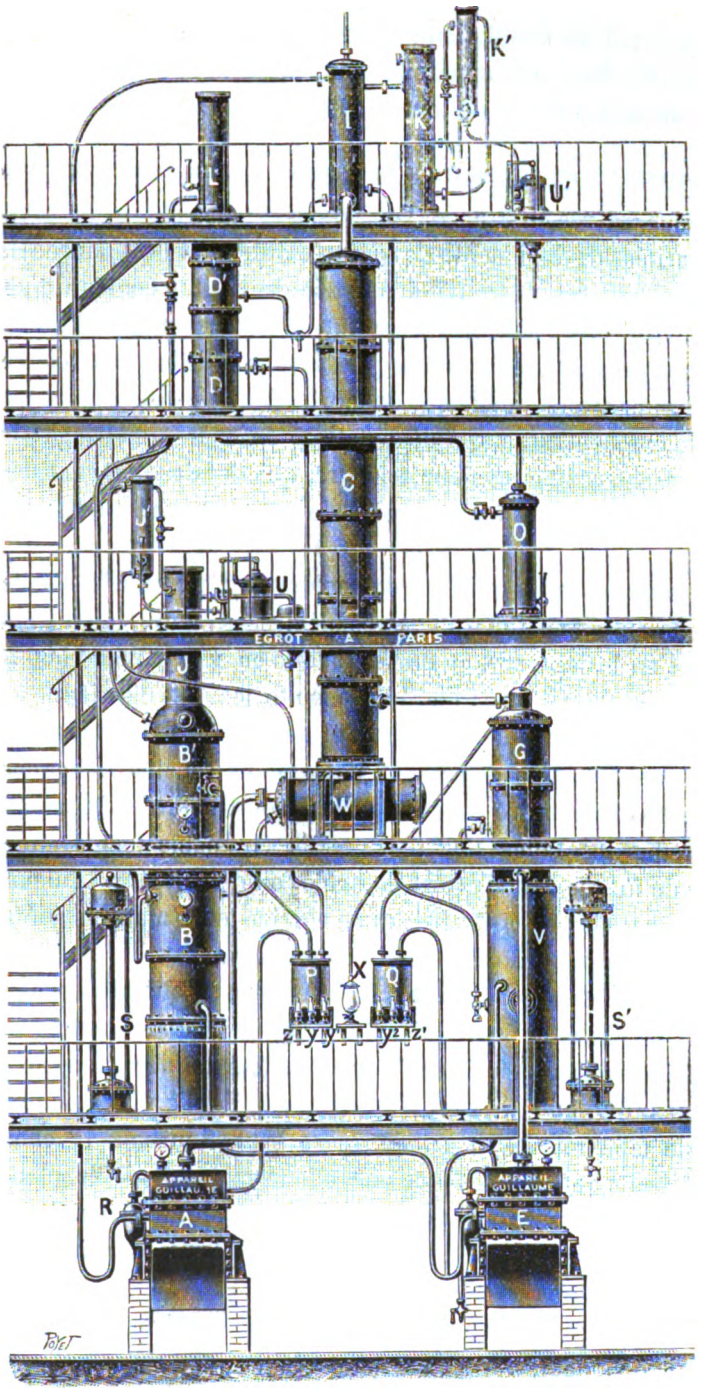


Fig. 403. — Appareil de distillation-rectification directe, système E. Guillaume, type D (auto-chauffage).

Digitized by Google

L'appareil de distillation-rectification directe, système Guillaume, à auto-chauffage est l'appareil le plus perfectionné qui existe pour la distillation des moûts de toutes natures.

TRAITEMENT ET BONIFICATION DES TAFIAS A LEUR ARRIVÉE EN FRANCE

A leur arrivée en France, les rhums et tafias offrent de grandes irrégularités de logement, de goût, d'arôme et de nuance. Dans les sortes ordinaires on trouve des barriques dont le contenu a une couleur noirâtre, ou des goûts de fût, d'empyreume, de brûlé, d'eau croupie, provenant soit du manque de soins et de logement convenable, soit des mauvaises méthodes de fabrication.

A leur réception, après dégustation, on opère un triage : les fûts qui présentent une couleur noirâtre, qui ont des goûts défectueux, sont mis à part, et on les traite de deux manières, selon leur emploi.

Lorsque les tafias qui sont de couleur noirâtre ou affectés de mauvais goûts sont destinés à être réexpédiés en nature, on les réunit en semble en les opérant, et on les fouette en y répandant 500 gr. par hl. de noir animal lavé ; on roule ensuite les fûts plusieurs fois par jour pendant une huitaine. Au bout de ce temps, les tafias sont décolorés, et les goûts defectueux sont moins sensibles. Toutefois, ce traitement fait perdre du goût et de l'arôme naturels du tafia.

Lorsque les tafias sont noirâtres et en même temps affectés de goûts de fût, de chaudière et de brûlé, on détruit leur couleur par le même procédé que ci-dessus, et on corrige leurs mauvais goûts en les dédoublant avec des eaux-de-vie communes.

Quant aux tafias choisis et francs de goût, on augmente leur arôme et leur moelleux en les réduisant avec de l'eau distillée dans laquelle on a fait dissoudre à froid (ou à une chaleur de digestion ne dépassant pas 60°, afin d'éviter l'évaporation de l'arôme), pour chaque litre de tafia réduit, 10 gr. de sucre brut Bourbon, 1er choix. Les sucres bruts des Antilles ont une odeur moins agréable et un goût prononcé de mélasse, qui donne au rhum un goût fâcheux. Cette quantité de sucre correspond à environ 1 l. par hl. de sirop à 35°, ce qui affaiblit les rhums de 2° centésimaux.

On emploie avec avantage les préparations suivantes, qui produisent un bon effet, lorsqu'elles sont faites longtemps à l'avance et quand les doses en sont bien réparties selon la nature des tafias.

Digitized by Google

1° Les sirops de sucre Bourbon ; on les fait à froid et avec la plus petite quantité d'eau distillée possible ; lorsque le degré en est faible, on les vine à 18° avec des rhums, afin d'éviter qu'ils n'entrent en fermentation ; 2° les teintures alcooliques de girofle, de pruneaux, de cuir neuf tanné et râpé, de Tolu, de cachou, de muscade râpée ; 3° le goudron de Norvège 1er choix ; on l'emploie à la dose de 18 gr. par hl. sur les tafias ordinaires ; 4° l'esprit de goudron, l'infusion de goudron à l'eau de fumée, dissoute et décolorée ensuite ; enfin, le tan de chêne bouilli à l'eau et viné ensuite à 20 °/₀ avec du rhum.

L'usage de ces préparations exige beaucoup de pratique, parce qu'elles ne s'emploient pas simultanément ; il faut déguster avec attention et discerner, selon la nature des tafias, les substances et les doses convenables. Quant aux soins usuels, les tafias et les rhums se traitent comme les eaux-de-vie.

Digitized by Google

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE XVI

LA MÉLASSE

Définition. — Mélasses de betteraves. — Mélasses de cannes. — Extraction du sucre des mélasses. . . . . 1 à 34

DEUXIÈME PARTIE

Contrôle du travail en sucrerie de betteraves et en sucrerie de cannes

AVANT-PROPOS 35

CHAPITRE PREMIER

DES APPAREILS SERVANT DANS UN LABORATOIRE DE SUCRERIE

DESCRIPTION. USAGES

Balances. — Manière de faire les pesées. — Méthode des doubles pesées, de Borda. — Vérification de la sensibilité d'une balance. — Balance à cavaliers, à chaîne, à pesées rapides. — Vérification des poids. — Instruments accessoires des pesées. — Creusets et étuves. — De la prise de la densité. — Densité des solides. — Densité des liquides : méthode du flacon. — Méthode de la balance hydrostatique. — Des aréomètres et densimètres. — Saccharomètres. — Alcoomètres. — Correction de température pour les prises de densité . . . . . 35 à 59

CHAPITRE II

DES POLARIMÈTRES ET SACCHARIMÈTRES

Polarisation. — Polarisation par réflexion, par double réfraction, polarisation rotatoire. — Pouvoir rotatoire spécifique. — Saccharimètre soleil. — Saccharimètre à pénombre de Duboscq. — Saccharimetre à lumière jaune de Laurent. — Brûleurs à gaz Laurent à lumière jaune sodique. — Brûleurs à haute et à basse pression. — Manière d'obtenir une flamme éclairante avec le sel. — Saccharimètre Laurent à lumière blanche. — Saccharimètre Wentzke-Scheibler. — Saccharimètre à pénombre de Schmidt et Haensch. — Du Vernier. — Des poids normaux et des échelles polarimétriques ou saccharimétriques correspondantes. — Conseils pratiques pour l'installation et la manipulation d'un saccharimètre. — Des tubes pour observations saccharimétriques et de leur emploi. — Tube continu de Pellet . . . . . 60 à 81

CHAPITRE III

VÉRIFICATION DES INSTRUMENTS GRADUÉS : PIPETTES, BURETTES, BALLONS

Formule générale. — Burettes graduées . . . . . 82 à 88

Digitized by Google

CHAPITRE IV

DES LIQUEURS TITRÉES

Liqueur de nitrate d'argent pour le dosage du chlore. — Liqueur de molybdate d'ammoniaque — de citrate d'ammoniaque — de bichlorure de platine — de tanin. — Préparation de la mixture magnésienne au chlorure ammoniaco-magnésien.— Chaux sodée.— Liqueur de baryte — de chlorure de baryum — de sous-acétate neutre de plomb — de chlorure de magnésium. — Liqueur hydrotimétrique. — Liqueur cuivrique ; vérification. — Teinture de phénol-phtaléine.— Papier sensible de tournesol neutre. 89 à 93.

CHAPITRE V

DES PURETÉS RÉELLES ET APPARENTES ET DES TABLES DE CONCORDANCE

Sucre en poids et sucre en volume. — Des puretés apparentes et des puretés réelles. — Des tables de concordance ou tables de titrage des solutions sucrées. — Tables adaptées à l'aréométrie française, dressées par M. Emile Saillard. — Table de correction des températures. — Correction des températures pour les saccharomètres Brix réglés à 17°5. — Table de correction des températures s'appliquant aux Brix-Poids établis pour la température de 15° — Corrections de températures pour ramener à 15° les indications du densimètre faites à t°. — Corrections de températures pour ramener à 20° les indications du densimètre faites à t°. — Table de correction des densités suivant les températures, d'après F. Dupont. — Comparaison entre les titres de sucre, les degrés Baumé et les densités à 15° C. des solutions sucrées pures. — Corrélations entre les densités et les richesses des solutions de sucre pur, d'après Balling. — Correction des Brix instruments. — Courbe de correction théorique. — Courbe de correction pratique . . . . . 94 à 118

CHAPITRE VI

DES ANALYSES CHIMIQUES RELATIVES A LA DIFFUSION

Analyse de la betterave. — Prise d'échantillons : dans le champ, sur une voiture ou un silo — sur un très gros échantillon déjà prélevé — à l'entrée en fabrication. — Analyse directe de la betterave. — Râpe à tambour. — Presse à vis tangente différentielle. — Presse sterhydraulique. — Prise de la densité. — Dosage des cendres. — Cendres en poids. — Dosage en volume. — Sucre en poids. — Sucre °/₀ en poids de betterave. — Détermination de la quantité de jus contenu dans les betteraves. — Dosage de l'eau dans les betteraves — dans le jus des betteraves. — Dosage des sucres réducteurs dans le jus de betteraves. — Dosage du sucre en volume par inversion et emploi de la liqueur cuivrique. — Méthodes alcooliques : analyse directe de la betterave. — De l'extraction alcoolique de Scheibler. — De la digestion aqueuse à chaud et analyse des cossettes fraîches. — De la digestion aqueuse à froid. — Presse sans-pareille. — Procédé F. Sachs et A. Le Docte. — Interprétation des résultats d'analyse de la betterave sucrière. — Analyse du jus de diffusion. — Echantillonneur automatique Horsin-Déon. — Echantillonneur Bride. — Analyse des cossettes épuisées : analyse indirecte ; analyse directe par digestion aqueuse à froid. — Cossettes épuisées : dosage de l'eau — des matières sèches. — Pulpe : dosage de l'eau. — Analyse des eaux des presses de cossettes. — Petit jus de diffusion. — Dosage du sucre . . . . . 119 à 156

CHAPITRE VII

CALCUL DES PERTES A LA DIFFUSION 157 à 162

Digitized by Google

CHAPITRE VIII

JUS VERTS DES RAPERIES — JUS CHAULÉS AVANT CARBONATATION LAIT DE CHAUX — JUS DE 1re ET DE 2e CARBONATATION — JUS SULFITÉS SIROPS

De la liqueur acide sulfurique à 35 gr. par litre. — Tables des densites des solutions aqueuses d'acide sulfurique à 15°, d'après Kolb. — Vérification gravimétrique de la liqueur. — Vérification volumétrique. — Liqueur à 3 gr. 5 d'acide sulfurique par litre. — Jus des râperies : densité — alcalinité ou chaux totale. — Densité à 15°, chaux déduite. — Dosage du sucre. — Jus chaulé avant carbonatation. — Lait de chaux ajouté. — Jus de 1re carbonatation : dosage de l'alcalinité 1° par la phénol-phtaléine ; 2° par le tournesol. — Jus de 2e carbonatation : dosage de la chaux dans le jus achevé avant évaporation ou dans les jus carbonatés de 2e ou 3e, ou sulfité. — Dosage de la chaux réelle par précipitation au moyen de l'oxalate d'ammoniaque. — Alcalinité due à la potasse et à la soude. — Alcalinité du sirop et dosage des sels de chaux. — Degré Baumé du sirop. — Analyse du lait de chaux. — Prise de la densité. — Sucre du lait de chaux. — Chaux du lait de chaux. — Chaux totale du lait de chaux. — Table donnant les teneurs en chaux des laits de chaux, d'après Blattner. . . . 163 à 181

CHAPITRE IX

MÉTHODE GÉNÉRALE D'ANALYSE DES PRODUITS SUCRÉS

Analyse du jus avant évaporation. — Analyse des sirops, masses cuites, égouts riches et pauvres etc. — L'analyse apparente. — Détermination du Brix apparent. — Détermination du sucre, de la densité. des cendres, des matières organiques, de la chaux par hydrotimétrie. — Détermination du Brix réel ou dosage de l'eau. — Dessiccateur Courtonne. — Dessiccateur Laugier. . . . . 182 à 195

CHAPITRE X

ANALYSE DES ÉCUMES, DE LA PIERRE A CHAUX, DE LA CHAUX, DU COKE ET DU CHARBON, DU GAZ ACIDE CARBONIQUE, DES GAZ DES GÉNÉRATEURS

Analyse des écumes. — Dosage de l'eau, du sucre total, du sucre soluble, du sucre insoluble. — Eau de lavage des écumes : densité, sucre %. — Analyse de la pierre à chaux : dosage de l'eau, de la silice insoluble, de la silice soluble, du fer et de l'alumine, de la chaux de la magnésie, de l'acide sulfurique, de l'acide carbonique. — Dosage en poids et en volume. — Interprétation des résultats. — Analyse de la chaux. — Humidité. — Analyse du coke et du charbon. — Eau, matières volatiles, cendres, soufre, carbone fixe et indosé, pouvoir calorifique. — Dosage de l'acide carbonique dans le gaz du four à chaux. — Sulficarbonimètre Pellet. — Appareil Orsat. — Calcul de l'azote et de l'air. — Analyse de gaz des générateurs. — Appareils Hempel, Rieder . . . . . 196 à 223

CHAPITRE XI

ANALYSE DES SUCRES BLANCS ET ROUX — DOSAGE DES SUCRES RÉDUCTEURS RECHERCHE DU SUCRE DANS LES EAUX DE RETOUR

Analyse des sucres blancs et roux. — Analyse commerciale. Polarisation. Dosage des cendres, de l'humidité, de la glucose. — Analyse des sucres roux par la méthode de la Régie française. — Dosage des sucres réducteurs par les procédés gravimétriques. — Table de correspondance entre les poids de cuivre et ceux des sucres réducteurs, d'après M. G. Bertrand.

Digitized by Google

Dosage des réducteurs dans le sirop. — De l'inversion. — Méthode Herzfeld, méthode Lindet, modifiée par Courtonne et Gérard. — Coefficient d'inversion. — Méthode par polarisation directe. — Dosage du sucre dans les eaux de retour et eaux des calorisateurs. — Méthode micro-saccharimétrique de Pellet . . . . . 224 à 248

CHAPITRE XII

COLORIMÈTRIE ET COLORIMÈTRES — VISCOSITÉ

Colorimètre. — Colorimètre Laurent à deux liquides. — Colorimètre de M. Josse. — Définition de la colorie. — De la viscosité. — Exemple de calcul. . . . . 249 à 254

CHAPITRE XIII

DES ANALYSES ET DU CONTRÔLE DE LA FABRICATION EN SUCRERIE DE CANNES

Analyse de la canne. — Préparation de l'échantillon moyen. — Dosage du ligneux. — Dosage du sucre dans la canne. — Analyse indirecte. — Table indiquant la teneur en réducteurs des jus. — Relation entre la densité du vesou et sa richesse saccharine, d'après Biard. — Dosage du sucre par la méthode indirecte : formules. — Jus normal. Matières sèches totales. — Analyse des bagasses. — Pureté. — Analyse du jus. — Dosage direct du sucre dans la canne, appareil de Zamaron. — Analyse de la bagasse. — Cossettes épuisées de diffusion : Dosage de l'humidité, du ligneux, de la bagasse (2e et 3e méthode). — Analyse de la bagasse d'après le procédé des chimistes de Hawaï. — Analyse des cossettes épuisées de diffusion de cannes. — Analyse des eaux de vidange et des petites eaux de diffusion. — Dosage du sucre dans les écumes. — Poids des écumes. — Méthode de la Commission des chimistes de Hawaï. — Dosage du sucre dans les petits jus ou eaux de lavage des toiles. — Note sur le dosage des sels de chaux en sucrerie de cannes . . . . . 255 à 289

CHAPITRE XIV

CALCUL ET CONTRÔLE DES PERTES ET RENDEMENTS 290 à 299

CHAPITRE XV

ANALYSES DIVERSES — MÉLASSES PAR FERMENTATION — GRAINES DE BETTERAVES ENGRAIS

Analyse de la mélasse par fermentation. — Analyse des graines de betteraves. — Essais de germination. — Germinateur Keffel. — Engrais. — Dosage de l'acide phosphorique dans les superphosphates. — Dosage de l'azote ; ammoniacal, nitrique. — Dosage de la potasse . . . . . 300 à 316

TROISIÈME PARTIE

Fabrication du sucre de canne

CHAPITRE PREMIER

LA CANNE A SUCRE

Origine de la canne. — Distribution géographique de la canne à sucre par ordre chronologique. — Description de la canne à sucre. — Structure anatomique de la canne. — Variétés de cannes. — Dimensions de différentes variétés de cannes. — *Cannes à sucre venues de graines ou seedlings.* — Généralités sur la culture de la canne par graines. — Principales méthodes de sélection. Résultats obtenus dans différents pays. — Conclusions. 317 à 336

Digitized by Google

CHAPITRE II

RICHESSE SACCHARINE ET COMPOSITION DE LA CANNE

Richesse saccharine de la canne. — Richesse saccharine des différents entrenœuds de la canne. — Cannes ayant dépassé la maturité. — Cannes couchées. — Détérioration des cannes coupées. — Action de la gelée sur la canne. — Action du flambage. — Influence du sol, des engrais, du climat. — Proportions respectives des trois sucres dans la canne. — Cannes avariées. — Richesse saccharine de la canne de 1re, 2e années, etc. — Richesse moyenne de la canne dans différents pays. — Variations de la richesse de la canne durant la journée. — Variation de la richesse de la canne travaillée à l'usine. — Variation de la saccharose, de la glucose et du quotient de pureté pour une même densité de jus. — *Composition de la canne.* — Matières organiques azotées. — Matières organiques non azotées : acides organiques, fibre, cire, matières aromatiques, matières colorantes. — Matières minérales. — Du rôle physiologique des matières minérales dans la végétation . . . . . 337 à 370

CHAPITRE III

CULTURE DE LA CANNE

Choix et préparation du sol. — Plantation de la canne. — Mode de plantation. — Choix et traitement des boutures. — Ecartement des plants. — Traitement antiseptique des boutures. — Epoques de plantation. — Entretien des champs de cannes. — Fumure de la canne. — Fumiers, compost, écumes de défécation, mélasse, cendres des fabriques. — Engrais chimiques : *a*) engrais azotés, *b*) engrais phosphatés, *c*) engrais potassiques, *d*) engrais organiques : tourteaux, engrais verts. — Choix des engrais : azotés, potassiques, phosphatés. — Quantité d'acide phosphorique nécessaire à la formation de 100 kg. de saccharose dans la canne. — Magnésie, chaux. — Matières organiques. — Mode d'application des engrais. — Pratique des engrais dans les différents pays. — Irrigation de la canne. — Effeuillage de la canne ; son influence sur le rendement cultural. — Flambage. — Coupe et nettoyage de la canne. — Enlèvement des bouts blancs. — Culture et entretien des rejetons. — Durée des plantations. — Rendements de sucre à l'hectare. — Animaux et insectes nuisibles de la canne. — Conservation des cannes. — Transport des cannes. — Déchargement des cannes. 371 à 427

CHAPITRE IV

EXTRACTION DU JUS DE CANNES PAR LES MOULINS

Aperçu historique. — Description du moulin. — Conducteur de cannes. — Observations générales concernant les moulins. — Moulins represseurs avec imbibition. — Imbibition : simple, double, avec retour du jus dilué du dernier moulin. — Faut-il faire l'imbibition par l'eau chaude ou par l'eau froide ? — Rentrée des mélasses à l'imbibition de la bagasse. — Contrôle du broyage et de l'imbibition. — Moulins modernes. — Défibreurs (Crushers et Shredders). — Défibreur Faure. — Défibreur Krajewski. — Défibreur le National. — Etude sur le broyage des cannes. — Le jus de cannes ou vesou. — Sa composition suivant le degré de pression exercée. 428 à 478

CHAPITRE V

EXTRACTION DU JUS DE CANNES PAR DIFFUSION

Diffusion de la canne. — Coupe-cannes. — Batterie de diffusion de cannes. — Elévateur de cossettes, nombre de diffuseurs, fosse à cossettes, bacs mesu-

Digitized by Google

reurs, compresseur d'air. — Mise en route de la batterie. — Chauffage. — Composition des jus pendant la marche de la diffusion. — Composition des jus sortant de la diffusion. — Comparaison entre un jus déféqué dans la batterie de diffusion et un jus provenant des moulins et déféqué dans les défécateurs. — Solution de quelques problèmes qui se présentent dans la diffusion de la canne. — *Diffusion de la bagasse.* — Epuisement de la bagasse par le procédé Perrichon. — Diffusion de la bagasse par le procédé Hamaker-Geerligs. — Diffusion de la bagasse, procédé Naudet. — Rentrée des eaux de vidange à la diffusion. — Modification du procédé de meichage. — Défécation et filtration sur bagasse. — Repression de la bagasse. — Examen comparatif du travail des moulins et de celui de la diffusion. — Pertes en sucre à l'extraction . . . . . 479 à 508

CHAPITRE VI

ÉPURATION DES JUS

Observations préliminaires. — Mesurage ou pesée du jus. — Procédés employés pour l'épuration du jus. — Défécation. — Chaudières à déféquer. — Défécation continue. — Défécation sous pression, procédé Deming. — Traitement du jus clarifié. — Effets produits par la défécation. — Carbonatation simple, double. — Combinaison de la défécation et de la carbonatation. — Emploi simultané de la carbonatation et de la sulfitation. — Emploi de l'acide sulfureux. — Sulfitation des vesous et défécation subséquente, procédé V. Roussel. — Epuration des jus par le trisulfite de chaux. — Emploi de l'acide phosphorique en sucrerie de cannes. — Epuration et clarification continue des jus sucrés par le procédé phospho-calcique de M. Manoury. — Essais comparatifs de défécation à la chaux et à l'acide phosphorique. — Epuration des jus de cannes par le Kieselguhr. — Epuration des jus de cannes par la phospho-gélose, procédé Guerrero. — Nouveau procédé Weinrich pour la défécation du vesou. — Emploi de la formaldéhyde en sucrerie de cannes. — Clarification des jus et des sirops. — Remarques sur la défécation à la chaux . . . . . 509 à 551

CHAPITRE VII

FILTRATION DES JUS ET DES ÉCUMES

Filtration en filtres mécaniques. — Filtration des écumes. — Procédé spécial d'extraction du jus sucré contenu dans les écumes de défécation. — Composition des tourteaux de filtre-presse. — Analyse des écumes de défécation. — Composition minérale des écumes . . . . . 552 à 560

CHAPITRE VIII

ÉVAPORATION — CUITE — BAS PRODUITS

Evaporation des jus. — Procédés et appareils employés aux îles Hawaï. — Incrustations des appareils d'évaporation. — Composition des incrustations des diverses caisses des appareils à évaporer suivant le procédé d'épuration employé. — Cuite. — Application à la cuite des procédés d'évaporation système Prache-Bouillon. — Travail des masses cuites aux îles Hawaï. — Rentrée des égoûts et mélasses sur les bagasses et à la cuite. — Turbinage. — Rendement et main-d'œuvre aux îles Hawaï. — Tableau comparatif du contrôle chimique aux îles Hawaï et à Maurice. — Détérioration des sucres en magasin. — Fabrication du sucre blanc à Java . . 561 à 595

Digitized by Google

CHAPITRE IX

LES COMBUSTIBLES ET LA VAPEUR EN SUCRERIE DE CANNES

Valeur calorifique des combustibles. — La bagasse : à quel degré d'humidité doit-on la brûler pour en obtenir le maximum de chaleur? — A quelle quantité de charbon correspond la bagasse produite par tonne de cannes? — La vapeur en sucrerie de cannes. — Consommation de vapeur dans une usine travaillant avec la triple pression et un quadruple effet sans prélèvement de vapeur. — Comment éviter l'emploi d'un autre combustible que la bagasse? — Consommation de vapeur dans une usine diffusant la bagasse après double pression, concentrant les jus dans un quadruple-effet et prélevant des vapeurs pour différents chauffages. — Conclusions. — Générateurs pour sucreries de cannes. — Sécherie de bagasse Enaud. — Chauffage avec la bagasse verte. — Four Cook. — Four à bagasse, système Alexis Godillot. — Four système Clerc et Abell . . . . . 596 à 616

CHAPITRE X

DESCRIPTION DE QUELQUES SUCRERIES DE CANNES

Centrale de Pasto-Viejo à Porto-Rico. — Centrale Guanica à Porto-Rico. — Sucrerie Chaparra à Cuba. — Fazenda du Funil (Usine Esther), Brésil. 617 à 627

CHAPITRE XI

COUP D'ŒIL SUR L'INDUSTRIE SUCRIÈRE DANS LES DIFFÉRENTS PAYS PRODUCTEURS DE CANNES

Espagne. — Les Antilles : La Martinique. La Guadeloupe. Ste-Croix. — Cuba : Culture de la canne. Fabrication du sucre. — Porto-Rico. — La Barbade. — Ile de la Trinité. — La Jamaïque. — Iles sous le Vent. — République de St-Domingue. — Louisiane. — Mexique. — Guatemala. — Salvador. — Honduras. — Nicaragua. — Costa-Rica. — Panama. — Colombie. — Guyane. — Equateur. — Pérou. — Bolivie. — Brésil. — République Argentine. — Paraguay. — Madère. — Angola. — Liberia. — Egypte. — Natal. — Ile Maurice. — Réunion. — Inde anglaise. — Cochinchine, Annam et Tonkin. — Chine. — Japon. Formose. — Java. — Iles Hawaï . . . . 628 à 693

CHAPITRE XII

FABRICATION DU RHUM . . . . . 694 à 723

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE

—

A

Acide carbonique. Poids du volume, d'après Scheibler, 207.
Acide sulfurique. Densité des solutions aqueuses, d'après Kolb, 164.
» » comme engrais, 397.
Acide sulfurique (liqueur) à 35 gr. par litre, 163.
» » » Vérification gravimétrique, 166; volumétrique, 168.
Acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque. Dosage, 305.
» » soluble dans l'eau. Dosage, 306.
» » total. Dosage, 306.
» » dans les phosphates, Dosage, 307.
» » dans les engrais composés, 308.
» » dans une terre. 308.
» » quantité nécessaire à la formation de 100 kg. de sucre dans la canne, d'après H. Pellet, 399.
Acide sulfureux. Son emploi pour l'épuration des jus de cannes, 534, 537, 540. (Voir aussi *Sulfitation*).
Alcalinité en chaux. Détermination, 169 à 175, 177.
Alcalinité due à la potasse et à la soude, 176.
» des sirops et dosage des sels de chaux, 177, 188, 189, 190.
Alcoomètre de Gay-Lussac, 58.
» Correction des températures (table de), 301.
Andrlick. Méthode d'inversion, 249.
Angola (L'ind. sucrière à), 669.
Aréomètres (voir aussi Densimètres), 56.
» à poids constants, 56.
» de Baumé, 56.
Azote de l'air. Calcul, 218.
» Dosage dans les engrais et les terres, 308.
» organique. Dosage, 308.
» ammoniacal. Dosage, 311.
» nitrique. Dosage, 311.
» total. Dosage, 314.

B

Bagasse (Analyse de la), 263, 270.
» Dosage de l'humidité, 271, 277; du ligneux, 271.
» (Imbibition de la), 436 à 445.
» (Perte de sucre dans la), 447.
» (Diffusion de la), 493.
» » » Procédé Perrichon, 494.
» » » Procédé Hamaker-Geerligs, 495.
» » » Procédé Naudet, 496.
» » » Rentrée des eaux de vidange et de répression, 498.
» » » Meichage avec du jus à 100°, 500.

Digitized by Google

Bagasse (Répression de la), 501.
» Sa valeur comme combustible, 596 ; Amélioration, 602.
» Quantité obtenue, 597; Séchage, 607.
» A quel degré d'humidité doit-on la brûler ?, 598.
» A quelle quantité de charbon correspond la bagasse produite par tonne de cannes ?, 599.
» verte (Chauffage avec la), 608.
Balances de précision. Condition de justesse, 36.
» (Vérification de la sensibilité des), 41.
» à cavaliers, 41 ; à chaîne, 42; à pesées rapides, 43.
» à projection lumineuse de Collot et Curie, 43.
Barbade (L'ind. sucrière à la), 648.
Baryte (Extract. du sucre des mélasses par les procédés à la), 34.
Betterave. Analyse, 117.
» Prise d'échantillons, 119.
» Analyse indirecte, 121.
» (Détermination de la quantité de jus contenu dans la), 130.
» (Dosage de l'eau contenue dans la), 130.
» (Dosage de l'eau contenue dans le jus de), 131.
» (Dosage des sucres réducteurs contenus dans le jus de), 131.
» Dosage du sucre par inversion et liqueur cuivrique, 132.
» (Analyse directe de la) ; méthodes alcooliques, 133.
» » Interprétation des résultats, 146.
» (Graines de) ; (Analyse des), 302.
Blattner. Table donnant les teneurs en chaux des laits de chaux, 181.
Bolivie (L'ind. sucrière en), 662.
Borer, 417.
Brésil (L'ind. sucrière au), 662.
Brix-instruments, 122. Courbes de corrections, 113 à 118.
Brix poids ; Brix apparent, 95.
Broyage des cannes (Etude sur le), 469.
Burettes graduées, 86.

C

Cannes (Sucrerie de). Analyses et contrôle de la fabrication, 254.
Canne à sucre. Origine et description, 318.
» Distribution géographique, 318. Structure anatomique, 322.
» (Variétés de), 324. Venues de graines, 328.
Canne (*Analyse de la*). Préparation de l'échantillon moyen, 255.
» Dosage du ligneux, 255.
» (Dosage du sucre dans la), 257, 266, 276 ; des centres, 259, de la glucose, 259.
» (Jus normal de la), 258, 263.
» Matières sèches totales, 263.
» Ligneux, 263.
» (Cossettes de diffusion de la). Analyse, 280.
» Calculs relatifs à l'extraction du jus, 286.
» Culture de la venue de graines, 329. Méthode de sélection, 332.
Cannes. *Richesse saccharine*, 337 ; des différents entre-nœuds, 340.
» Influence du sol, des engrais, du climat, 350. Richesse des cannes de 1re et de 2e année, 352. Richesse moyenne des cannes dans différents pays, 353. Variations de la richesse durant une journée, 356 ; à l'usine, 355.
» Formation du sucre dans les, 338.
» mûres. Richesse saccharine, 344.
» ayant dépassé la maturité, 343, 346.
» attaquées par les insectes, 343.
» couchées, 343.
» coupées. Détérioration, 349.
» Action de la gelée sur les, 349.
» Action du flambage sur les, 349.
» Proportions respectives des trois sucres dans les, 351.
» Variations de la saccharose, de la glucose et du quotient de pureté pour une même densité de jus, 356.
» *Composition*, 358.
» Mat. org. azotées, 358.
» » non azotées, 359. Acides organiques du jus, 359.
» Teneur en fibre des différentes parties de la canne, 359.
» » en pectines ou gommes, 360.
» » en mat. aromat., 361.

Digitized by Google

Cannes. Teneur en mat. colorantes, 361.
» » en mat. minérales, d'après Bonâme, 362-363.
» Composition des cendres, 364.
» Rôle physiologique des mat. minérales dans la végétation de la canne, 367.
Canne. *Culture*. Canne venue de graines, 329. Sélection, 332. Choix et préparation du sol, 371.
» Plantation, 375. En trouaison ; par sillonnage, 375.
» Mode de plantation. Choix et traitement des boutures, 376.
» Ecartement des plants, 380.
» Traitement antiseptique des boutures, 380.
» Méthode de culture aux îles Hawaï, 381.
» Epoque de la plantation, 382.
» (Champs de). Entretien, 383. Méthode appliquée aux îles Hawaï, 383.
Canne. *Fumure*.
» Fumure par les fumiers et composts, 386.
» » par les écumes de défécation, 387; les mélasses, 388.
» » par les cendres de fabriques, 390.
» » par les engrais chimiques, 391.
» » par les engrais organiques, 392.
» » Règles pour l'emploi des engrais, 401.
» » Nécessité d'associer les mat. organiques aux éléments minéraux, 402.
» Mode d'application des engrais, 403.
» Pratique des engrais dans les différents pays, 403.
» Irrigation, 405.
» Epaillage ; son influence sur le rendement cultural, 408.
Canne. *Récolte*. Maturité, coupe et nettoyage, 409.
» Flambage, 410.
» Enlèvement des bouts blancs, 411.
» Culture et entretien des rejetons, 413.
» Epoques de la récolte dans les divers pays, 414.
» Rendements à l'hectare, 415.
» Conservation, 421.
» Transport, 422.
Canne. Déchargement, 425.
» Broyage (Etude sur le), 469.
» Influence de la moelle et de l'écorce sur l'extraction du jus, 473.
Canne (Animaux et insectes nuisibles de la), 415.
Cail. Moulins modernes, 451.
» Installation de la défécation continue, 517.
Calcimètres Scheibler, Salleron, et Pellet, 204-205.
Calculs relatifs à l'extraction du jus de la canne, 286.
Cannes (Conducteur de), 432.
Carbonimètre Pellet, 215.
Carbonatation des jus de cannes, 421.
» simple, 522 ; double, 522.
» combinée avec la défécation, 525; avec la sulfitation, 525.
Cendres. Dosage des cendres du jus de betteraves, 125.
» en poids, 127.
Chaparra (sucr. de), 622.
Chaudières à déféquer, 513.
Chaux. Son emploi dans la culture de la canne, 400.
» Analyse, 208. Humidité, 209.
» (Dosage de la). Dans les jus de râperies, 170.
» » » Dans le jus chaulé avant carbonatation, 173.
» » » Dans le jus après 1re carbonatation, 173.
» » » Dans le jus de 2e carbonatation, 174.
» » » Dans le jus sulfité, 175.
» (Pierre à). Dosage de l'eau. Analyse minérale : dosage de la silice, du fer et de l'alumine, de la chaux, de la magnésie, de l'acide sulfurique, carbonique, 200 à 204.
Chine (L'ind. sucrière en), 681.
Coefficient organique apparent, 147.
» salin, 147.
Cochinchine (L'ind. sucrière en), 681.
Charbon et coke. Analyse, 209. Humidité, mat. volatiles, cendres, soufre, carbone fixe et indosé, pouvoir calorifique, 210 à 213. Pertes en charbon à la combustion, 223.
Colombie (L'ind. sucrière à la), 658.

Digitized by Google

Concordance (tables de) ou tables de titrage des solutions sucrées, 97.
Clerget (Méthode d'inversion optique de), 236.
» Formule pour le calcul du sucre corrigé, 238.
Colorie. Définition, 252.
Colorimètres Laurent, 249, Josse, 250.
Condensation (Eaux de), 569.
Cossettes (Elévateur de). 483.
Cossettes épuisées. Analyse, 152.
» » Analyse directe par digestion aqueuse à froid, 154.
» » Dosage de l'eau, 155.
» » Matières sèches, 155.
» » de cannes, 270.
Coupe-cannes, 468, 480.
Costa-Rica (L'ind. sucrière à), 658.
Courtonne (Dessiccateur de), 193.
Creydt. Formule pour le calcul du sucre, 239.
Cuivre. Correspondance entre les poids de cuivre et ceux des sucres réducteurs, d'après Syderski et G. Bertrand, 232.
Clarification des jus et des sirops en sucrerie de cannes, 547.
Contrôle chimique aux îles Hawaï et à l'île Maurice, 591.
Cook. Appareil pour le chauffage avec la bagasse verte, 608.
Combustibles (Les) en sucrerie de cannes, 596. Composition, 596.
Cuba (Revue de l'ind. sucrière à), 638.
Cuite. Application des procédés d'évaporation système Prache-Bouillon, 576.
» Rentrée des égoûts de turbinage des premiers jets, 584, 585.

D

Défécation. Dans les diffuseurs, 489.
» (Pratique de la), 513.
» continue. Marche de l'opération. Description des appareils, 517.
» sous pression, procédé Deming. 518.
» (Effets produits par la), 520.
Défibreurs (Crushers et Shredders), 464, 468.
» Faure, 465.
» Le National, 467.
» Krajewski et Pesant, 466.
Dessiccateur Courtonne, 193.
» Laugier, 194.
Densimètres, 57.
Densité. Définition, 51.
» des solides; méthode du flacon, 52.
» » méthode de la balance hydrostatique, 53.
» » méthode de l'aréomètre de Nicholson, 53.
» des liquides; méthode du flacon, 53.
» » méthode de la balance hydrostatique, 54.
» (Prise de). Correction de température, 59.
» » des jus de betteraves, 123.
» des jus de râperies, 170.
» du vesou, 701.
Diffusion (Pertes à la). Calcul, 157.
» de la canne, 480. Solution de quelques problèmes, 490.
» (Batterie de) de la canne, 483.
» Mise en route de la batterie, 484. Chauffage, 487.
» de la bagasse, 493.
» Comparaison du travail des moulins avec celui de la diffusion, 503.
Digestion aqueuse à chaud et analyse des cossettes fraîches, 137.
Digestion aqueuse à froid, 142.
» » » Procédé Sachs et Ledocte, 145.
Distillation (Appareils de), 701.
Dupont. Table pour la vérification des instruments gradués, 86.

E

Eau des presses à cossettes, 156.
Eaux-mères de cristallisation chaude, froide. Voir *Sirops*.
Eaux de retour et eaux des calorisateurs (dosage du sucre dans les), 247. Méthode micro-saccharimétrique de Pellet, 247.
» de vidange et petites eaux de diffusion de la canne, 282.
Echantillon (Prise d'), 119.
Echantillonneur automatique Horsin-Déon, 149.
» Bride, 150.
Ecumes (Analyse des), 196). Dosage de l'eau, du sucre total, du sucre soluble, du sucre insoluble, 197. Sucre perdu dans les écumes, 193.

Digitized by Google

Ecumes (Eaux de lavage des). Densité, sucre $^0/_0$, 199.
» de la canne. 282.
Ecumes de défécation de la canne. Composition, 387, 559.
Ecumes de défécation de la canne. Extraction du sucre, procédé Philippe, 556.
Egoûts riches et pauvres (Analyse des), 183. Voir *Sirops*.
Egrot. Appareils de distillation, 702.
Egypte (L'ind. sucrière en), 670.
Elution, procédé Scheibler, 25.
» procédé Scheibler-Seyferth-Bodenbender, 25.
» procédé Manoury, 26.
» procédé Drevermann, 27.
» procédé Sostmann, 27.
Emballage des sucres, 590.
Enaud. Sécherie de bagasse, 608.
Engrais (Analyse des), 305.
Engrais de la canne, 391.
» azotés, 391, 395.
» phosphatés, 391, 398.
» potassiques, 392, 396.
» organiques, 392.
» verts, 393.
» magnésiens, 400.
» (Règles pour l'emploi des), 401. Mode d'application, 403.
» (Pratique des) dans les différents pays, 403.
Epaillage de la canne, 408.
Epuration des jus de cannes, 509.
» Par défécation, 513.
» Par défécation continue, 516.
» Par défécation sous pression, procédé Deming, 518.
» Par carbonatation, 521.
» Par carbonatation et défécation, 525.
» Par carbonatation et sulfitation, 525.
» Par sulfitation, 525.
» Par sulfitation et défécation subséquente, procédé Roussel, 528.
» Par le trisulfite de chaux, 532.
» Par l'acide phosphorique, 534.
» Par le procédé phosphocalcique Manoury, 537.
» Par le kieselguhr, 539.
» Par la phospho-gélose de Guerrero, 540.
» Par la défécation, procédé Weinrich, 542.
Espagne (L'ind. sucrière en), 628.
Etuves à air chaud, 49.
Excelsior, matière filtrante, 554.
Equateur (L'ind. sucrière à l'), 659.
Extraction alcoolique de Scheibler, 133.
Evaporation des jus de cannes, 561. Procédés et appareils employés aux îles Hawaï, 566.

F

Filtration des jus et des écumes en sucrerie de cannes, 552.
Filtration mécanique, 553.
Flambage de la canne, 410.
Flume (Transport des cannes par), 422.
Formaldéhyde. Son emploi en sucrerie de cannes, 544.
Four à chaux (Gaz du). Dosage de l'acide carbonique, 213. Par le sulfi-carbonimètre Pellet, 215. Par l'appareil Orsat, 216.
Four à bagasse de Cook, 608 ; d'Alexis Godillot, 610 ; de del Monte, 613 ; de Clerc et Abel, 614 ; de Knight, 615.
Fryer. Appareil d'évaporation des jus de cannes, 561.
Funil (Fazenda du), 625.

G

Gaz du four à chaux. Analyse, 213.
» » Analyse par l'appareil Orsat, 216.
Gaz des générateurs. Analyse, 218. Par l'appareil Hempel, 269. Par l'appareil Ridder, 221.
Générateurs pour sucrerie de cannes, 607.
Germinateur Keffel, 202.
Glucose (Dosage de la). Par les procédés gravimétriques, 228.
Graines de betteraves. Analyse, 302.
Guadeloupe (L'ind. sucrière à la), 637.
Guatemala (L'ind. sucrière au), 656.
Guyanne anglaise (L'ind. sucrière à la), 659.
Guyanne hollandaise (L'ind. sucrière à la), 659.

H

Hache-cossettes à couteaux mobiles, 139.
Hache-viande Skara, 140.
Hawaï (ass. des chimistes d'). Méthode d'analyse de la bagasse, 278.
» (L'ind. sucrière aux îles), 690.
Hempel. Appareil pour l'analyse des gaz des générateurs, 219.

Digitized by Google

Herzfeld. Méthode pour l'inversion optique, 238.
Honduras (L'ind. sucrière au), 657.
Hydrotimétrie. Table donnant les sels de chaux par litre de jus, 178.

I

Iles sous le vent (L'ind. sucrière aux), 650.
Imbibition de la bagasse, 436.
» simple, 437.
» double, 439.
» avec retour du jus dilué du dernier moulin, 440.
» par l'eau chaude ou par l'eau froide ?, 443.
» avec rentrée de la mélasse sur la bagasse, 445.
Incrustations des appareils d'évaporation, 571.
Irrigation de la canne, 405.
Inde anglaise (L'ind. sucrière à l'), 678.
Instruments gradués. Vérification, 82. Table de M. Dupont, 86.
Inversion (De l'), 235.
» optique, méthode Clerget, 236.
» » méthode Herzfeld, 238.
» » méthode Lindet, 240.
» » méthode Lindet modifiée par Courtonne et Gérard, 240.
» (Coefficient d'). (Détermination du), 242.
» Table des constantes à adopter suivant la concentration des liquides invertis, 247.
Jamaïque (L'ind. sucrière à la), 649.
Japon (L'ind. sucrière au) et à Formose, 681.
Java (L'ind. sucrière à), 684.
Jus de diffusion (Petit). Prise d'échantillon. Dosage du sucre, 156.
» » » de la canne. Composition, 487, 488.
» de râperies. Densité. Alcalinité. Dosage du sucre, 170.
» chaulé avant carbonatation. Déterm. de l'alcalinité, 171.
» de 1re carbonatation. Dosage de l'alcalinité phénol-phtaléique. Par le tournesol, 173.
» de 2e carbonatation. Dosage de l'alcalinité, de la chaux, 174.
» sulfité. Dosage de la chaux, 175.
» avant évaporation. Analyse, 182.
Jus de cannes. Voir *Vesou*.

K

Kolb. Table des solutions aqueuses d'acide sulfurique à 15°, 164.

L

Lait de chaux. Densité, sucre, chaux totale, 179-180.
» » Teneurs en chaux des laits de chaux, d'après Blattner, 180.
Laugier (dessiccateur de), 194.
Le Docte. Table de corrections de temp. pour la prise du degré Baumé des sirops, 179.
Levain artificiel (Emploi de) dans la fabrication du rhum, 696.
Levure pure. Son emploi pour faire fermenter la mélasse de cannes, 700.
Liberia (L'ind. sucrière à), 670.
Lindet (L.). Méthode d'inversion optique, 240; modifiée par Courtonne et Gérard, 240.
Liqueurs titrées 88. Voir aussi *Teintures*.
Liqueur de baryum, de baryte, 90.
» acide sulfurique à 35 gr. par litre, 163.
» » » à 3 gr. 5 par litre, 169.
» alcaline, 230.
» de bichlorure de platine, 89.
» de chlorure de magnésium, 90.
» de citrate d'ammoniaque, 89.
» de bichlorure de platine, 89.
» cuivrique, 91, 229, vérification, 92.
» de chlorure ammoniaco-magnésien, 89.
» hydrotimétrique, 90.
» ferrique, 230.
» de molybdate d'ammoniaque, 88.
» de nitrate d'argent titrée, 88.
» permanganique, 230.
» de sous-acétate neutre de plomb, 90.
» de tannin, 89.
Louisiane (L'ind. sucrière à la), 653.

M

Madère (Ile) (L'ind. sucrière à l'), 669.
Magnésie (La) comme engrais, 400.
Martinique (L'ind. sucrière à la), 631.
Masses cuites (Analyse des), 183. Voir *Sirops*.

Digitized by Google

Masses cuites en sucrerie de cannes, 285.
» » (Travail des) aux îles Hawaï, 588.
Maurice (L'ind. sucrière à l'île), 672.
Mélasse (La). Définition, 1. (Voir aussi *Sirops*).
» de betteraves ; composition, 2. Extraction du sucre, 15, 24 à 34.
» de cannes, composition, 12 ; en quoi elle diffère, 13.
» formation (de la). Théorie du Dr Gunning, 7 ; d'Anthon, 8 ; de Dubrunfaut, 9, Herzfeld, 10.
» épuisée de cannes, 283.
» analyse par fermentation, 300.
» (valeur calorifique de la), 616.
Mélassigènes et anti-mélassigènes, 4, 5, 6.
Mélasses de cannes. Composition, 389.
» (Rentrée des) sur la bagasse et à la cuite, 583.
» (Fermentation des), 697.
Membranes perméables, 16.
Mexique (L'ind. sucrière au), 655.
Mohr (Balance de), 54.
Moulins de Laboratoire, 257.
Moulins à cannes. Description, 428, 433.
» » Calcul de la pression, 434.
» represseurs avec imbibition, 435, 437.
» à 12 et à 15 cylindres ; comparaison du travail, 443.
» A. Leblanc, 458.
» modernes, construction Cail, 451.
» comparaison des résultats obtenus avec des moulins à 9 et 12 cylindres, 469.
» comparaison du travail des moulins avec celui de la diffusion, 502.
Multiple-effet. Nettoyage, 569.
» » Incrustations, 571.

N

Natal (L'ind. sucrière à), 672.
Nicaragua (L'ind. sucrière au), 657.
Norris. Appareil pour le dosage du sucre dans la bagasse, 273.

O

Osmogène, 17.
» Dubrunfaut. Description, 18.
Osmogène, Selwig et Lange, 23.
» Märky. Bromowski et Schultz, 25.
Osmose. Pression osmotique, 16.
» (Extraction du sucre des mélasses par) ; conduite du travail 20. Résultats obtenu dans une usines faisant trois osmoses, 22.

P

Panama (L'ind. sucrière à), 658.
Paraguay (L'ind. sucrière au), 668.
Pasto-Viejo (Sucrerie centrale de), 616.
Pérou (L'ind. sucrière au), 663.
Pertes à la diffusion (Calcul des), 157.
» en sucrerie (Calcul des), 290.
» à l'extraction du jus de cannes, 508.
Pesées. Manière de les faire, 38.
» doubles de Borda, 39.
» (Instruments accessoires des), 48.
Philippines (îles) (L'ind. sucrière aux), 682.
Poids. Vérification. 47.
Polarisation. Définition, 60.
» par réflexion, 60 ; par réfraction simple, 61 ; par double réfraction, 61.
» rotatoire, 62.
Porto-Rico (L'ind sucrière à), 645.
Potasse. Dosage dans les engrais, 315.
» Dosage dans une terre, 316.
Pouvoir rotatoire spécifique, 63.
Prache-Bouillon. Procédés d'évaporation appliqués à la cuite, 574.
Presses à cossettes (eau des), analyse, 156.
Pression hydraulique appliquée aux moulins à cannes, 458.
Presse à vis tangente ou différentielle, 122.
» sterhydraulique, 124.
» sans pareille, 143.
Pulpe. Dosage de l'eau, 156.
Pureté apparente et pureté réelle. Tables de concordance, 94, 96.

R

Raffinose (Calcul de la), 239.
Râpe conique Pellet et Lemont, 142.
Râpe Kiehle, 143.
Râpe à tambour, 121.
Râperies (jus des), 170. Densité, alcalinité, sucre, 170-171.

Digitized by Google

Récupérateur de vapeurs perdues, syst. Prache-Bouillon, 577.
Réducteurs. (Table indiquant la teneur en) des jus de cannes en partant des cm³ de liquide préparés et des degrés Brix du jus, 260.
Rendements en sucrerie (Calcul des pertes et des), 290 à 299. H. et main-d'œuvre aux îles Hawaï et à l'île Maurice, 590.
Réunion (L'ind. sucrière à la), 675.
Ridder. Appareil pour l'analyse des gaz des générateurs, 221.
Rhum (Fabrication du), 694.
Ross (coupe-cannes), 468.

S

Saccharimètres, 60.
» Soleil, 64.
» à pénombre de Duboscq, 65.
» à lumière jaune de Laurent. Mode d'emploi, 65.
» Division Vivien, 70.
» (Brûleurs à gaz pour), 70. Eolypile, 71.
» à lumière blanche, de Laurent, 72.
» Wentzke et Scheibler, 73.
» à pénombre de Schmidt et Haensch, 73.
» Conseils pratiques pour l'installation et la manipulation d'un saccharimètre, 77.
» Tubes pour saccharimètre et leur emploi, 78. Tube continu de H. Pellet, 80.
Saccharomètres, 58.
St-Domingue (L'ind. sucrière à), 650.
Sainte-Croix (L'ind. sucrière à), 637.
Salvador (L'ind. sucrière au), 657.
Sels de chaux dans les sirops. Dosage, 177.
» » Table donnant les sels de chaux par litre de jus, 178.
» » en sucrerie de cannes, 289.
Séparation Steffen, 30.
Séreh (Le), 419.
Shredder, 468.
Sirops. Alcalinité et dosage des sels de chaux, 177.
Sirops. Prise du degré Baumé. Corrections de température d'après Le Docte, 179.
» (Analyse des), 183. Prép. de l'échantillon, 184. Déterm. du Brix apparent, 185. Déterm. du sucre, 186. Pureté apparente, 187. Densité, cendres, 187. Mat. organiques, chaux par hydrotimétrie, 188. Alcalinité phtaléique, 189. Alcalinité au tournesol, 190. Brix réel ou dosage de l'eau, 191; des réducteurs, 234.
Solutions sucrées (Titrage des), 98.
» » Nouvelles tables adaptées à l'aréométrie française, par M. Emile Saillard, 100. Correction des températures (table), 102; pour les saccharomètres Brix réglés à 17°,5, 103; ou à 15°, 104.
Steffen. Séparation, 30.
Strontiane (Extract. du sucre des mélasses par les procédés à la), 31.
Substitution Steffen-Drucker, 27.
Sucre en poids et sucre en volume, 94.
Dosage, 128.
» » du jus, 129.
» » des betteraves, 129.
» (Dosage du) par inversion et liqueur cuivrique, 132.
» perdu dans les écumes, 193.
» dans les eaux de retour et dans celles des calorisateurs, 247.
Sucres. Analyse commerciale, 224. Humidité, cendres, rendement 4 et 2. Dosage de la glucose, 225 et 226. Analyse des sucres roux par la méthode de la Régie, 227. Dosage de la glucose, 228.
» de cannes. Analyse, 285.
» Détérioration en magasin, 592.
Sucres réducteurs contenus dans le jus de betteraves. Dosage, 131.
Correspondance entre les poids de cuivre et ceux des sucres réducteurs, d'après Syderski et G. Bertrand, 232.
» » dans les sirops. Dosage, 234.
» » contenus dans le
Sucre brut de cannes, 286.

Digitized by Google

Sucre blanc. Fabrication à Java, 593.
Sucrerie centrale de Pasto-Viejo, 617; centrale Guanica, 621.
Sulfitation (La) en sucrerie de cannes, 525.
» des vesous et défécation subséquente, procédé V. Roussel, 528.

T

Table de M. Dupont pour la vérification des instruments, 86.
» des densités et extraits des solutions sucrées, adoptée à l'aréométrie française, par M. Em. Saillard, 100.
» de corrections pour les températures, 102.
» de corrections des températures pour les saccharomètres Brix réglés à 17°,5 et à 27°,5, 103; à 15°, 104; à t°, 106.
» de corrections des densités suivant les températures, d'après Dupont, 107.
» de comparaison entre les titres de sucre, les degrés Baumé et les densités à 15°, 109.
» des relations entre les densités et les richesses des solutions de sucre pur, 110.
Tafias (Traitement et bonification des) à leur arrivée en France, 722.
Teinture de tournesol, 93.
» de phénol phtaléine, 93.
Tournesol (Teinture de), 93.
Tournesol (Papier sensible de) neutre, 93.
Tourteaux oléagineux. Composition, 392.
» de filtre-presse. Composition, 558.
Transport des cannes (Coût du), 424.
Trinité (L'ind. sucrière à La), 649.
Trisulfite de chaux (Epuration du vesou par le), 532.
Tubes saccharimétriques, 78. Tube continu de H. Pellet, 80.
Turbinage, 589.

V

Vapeur (La) en sucrerie de cannes, 600.
» Consommation, 601. (Réduction de la), 603.
Vénézuéla (L'ind. sucrière au), 659.
Vesou (Relation entre la densité du) et sa richesse saccharine, d'après Biard, 261. Pureté, 265.
» Composition, 476.
» » suivant le degré de pression des moulins : résultats trouvés par le Dr Icery, Bonâme, Biard, H. Pellet, 477.
» (Epuration du), 509-511.
» (Mesurage ou pesée du), 510.
Viscosité (Mesure de la), 252.

Z

Zamaron. Dosage direct du sucre dans la canne, 268.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

YD 18087

Digitized by Google

Digitized by Google